



L'unione fa la forza

Per le formiche è solo questione di ormoni.

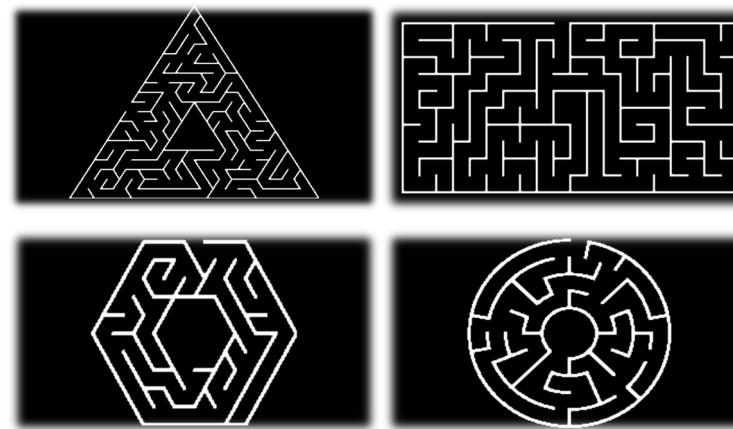
Pelusi Marta 800444
Talamona Stefano 822452

Introduzione obiettivi

Simulazione del comportamento delle formiche all'interno di 4 diversi labirinti in due condizioni differenti:

- Labirinto semplice
- Labirinto con luci rosse

L'obiettivo è stato studiare le capacità di questi insetti di trovare cibo anche dovendo affrontare diversi ostacoli e di riportarlo al formicaio; nello specifico si sono calcolati i tempi di risoluzione dei vari labirinti.





La formica

La formica è conosciuta come uno tra gli insetti più sociali che esistano.

La loro organizzazione è ben nota:

- Formiche operaie
- Formiche soldato
- Formica regina

Le formiche comunicano tra loro principalmente rilasciando feromoni, ovvero sostanze biochimiche in grado di:

- Segnare il percorso che porta al formicaio
- Segnare il percorso che porta al cibo
- Segnare il percorso che non porta al cibo
- Segnalare eventuali pericoli



La ricerca del cibo



Nella ricerca di cibo le formiche esplorano il territorio nei dintorni del formicaio rilasciando feromoni.

Quando devono scegliere che direzione prendere, tenderanno a percorrere quella con una maggior concentrazione di feromoni.

Una volta trovato il cibo, ritornano verso il formicaio seguendo il feromone precedentemente rilasciato e, a loro volta, rilasciano un nuovo feromone che indicherà alle altre formiche la strada per arrivare al cibo.

Più formiche possibili percepiscono il feromone e seguiranno la strada da esso indicata fino a creare una vera e propria catena di formiche portando tutto il cibo che trovano all'interno del proprio formicaio.





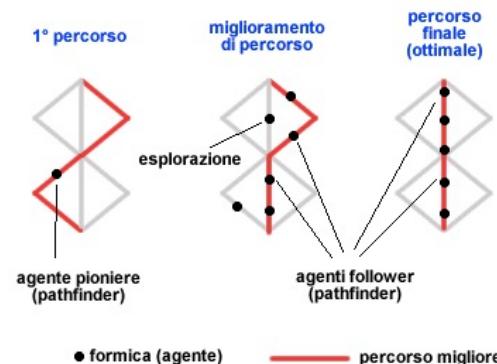
La ricerca del cibo - ACO

Sono stati fatti numerosi studi sul comportamento naturale delle formiche durante la loro ricerca di cibo, ed è stato sviluppato un algoritmo chiamato ACO: Ant Colony Optimization.

Questo algoritmo si basa sul fatto che il cammino che la formica percorre durante può essere rappresentato da un grafo in cui:

- La radice è il nodo di partenza e rappresenta un formicaio
- Una foglia è il nodo obiettivo e rappresenta il cibo

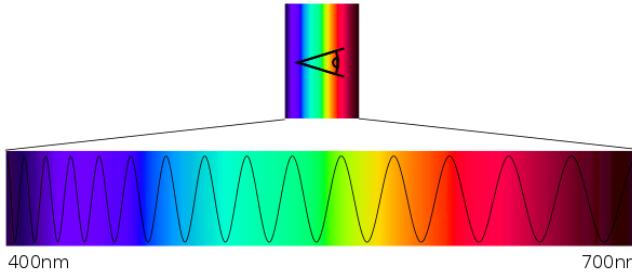
Le formiche, infatti, tendono sempre a percorrere il cammino ottimale, ovvero quello più corto, per giungere al cibo nel minor tempo possibile.





La luce rossa

Secondo alcuni studi è stato provato che gli insetti sono ciechi rispetto a certe lunghezze d'onda. Le formiche sono cieche alle lunghezze d'onda della luce rossa, infatti sono insetti che prediligono l'oscurità più totale in quanto vivono sottoterra in formicai completamente in assenza di luce.



È stato studiato che questi insetti hanno comportamenti particolari sotto queste lunghezze d'onda, ovvero tendono a disaggregarsi o aggregarsi solamente in piccoli gruppi.

Questo rappresenta un elemento fondamentale del nostro progetto in quanto può rappresentare per le formiche un ostacolo abbastanza rilevante nel loro percorso cibo-formicaio.



L'ambiente (AntSimulator)

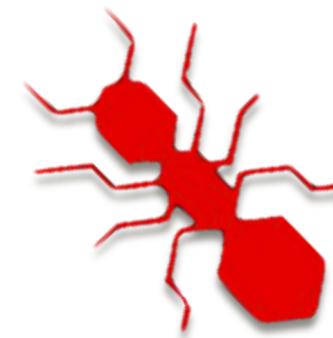
Gli ambienti scelti per le nostre simulazioni sono 4 diversi tipi di labirinti. Essi sono totalmente bidimensionali e suddivisi in celle.

Ad ogni cella sono associati due valori di intensità sulla base del ferormone che la formica rilascia.

Non viene tenuta in considerazione una eventuale sovrapposizione degli agenti.

Le caratteristiche grafiche che essi presentano sono:

- Il cerchio rosso rappresenta il formicaio
- Gli oggetti verdi rappresentano il cibo
- Le zone gialle rappresentano corridoi illuminati dalla luce rossa
- Le zone grigie rappresentano i muri del labirinto
- I pixel rossi rappresentano i feromoni rilasciati dalle formiche quando cercano del cibo
- I pixel verdi rappresentano i feromoni rilasciati dalle formiche quando trovano del cibo

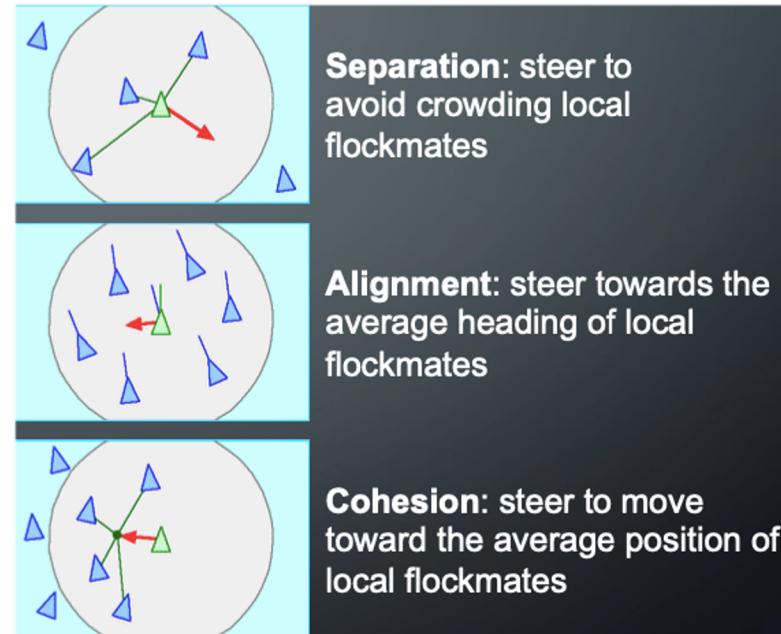




Gli agenti comportamento

I nostri agenti sono solamente le formiche, il cui comportamento segue il modello dei Boids:

- Se percepiscono il ferormone verde seguono il comportamento di cohesion
- Se attraversano un corridoio illuminato dalla luce rossa seguono il comportamento separation





Aggiornamento direzione agenti

Campo visivo agenti:

- Ampiezza: $\frac{4}{5}\pi$
- Profondità: 40 pixel

Ispezione iterativa di 32 celle scelte casualmente all'interno del campo visivo.

- Cella $\in \{\text{muri, cibo, formicaio}\} \rightarrow$ l'ispezione si interrompe e, come nuova direzione della formica, viene considerata l'ultima cella esplorata
- Viene calcolato un valore di probabilità in modo pseudo-casuale:
 - Valore di libertà < liberty coef \rightarrow l'esplorazione si interrompe e, come nuova direzione della formica, viene considerata l'ultima cella esplorata
 - Valore di libertà > liberty coef \rightarrow l'esplorazione riprende regolarmente
- Nessuna delle precedenti \rightarrow una volta ispezionate le 32 celle, la cella con valore di intensità di ferormone massima verrà utilizzata come nuova direzione dell'agente

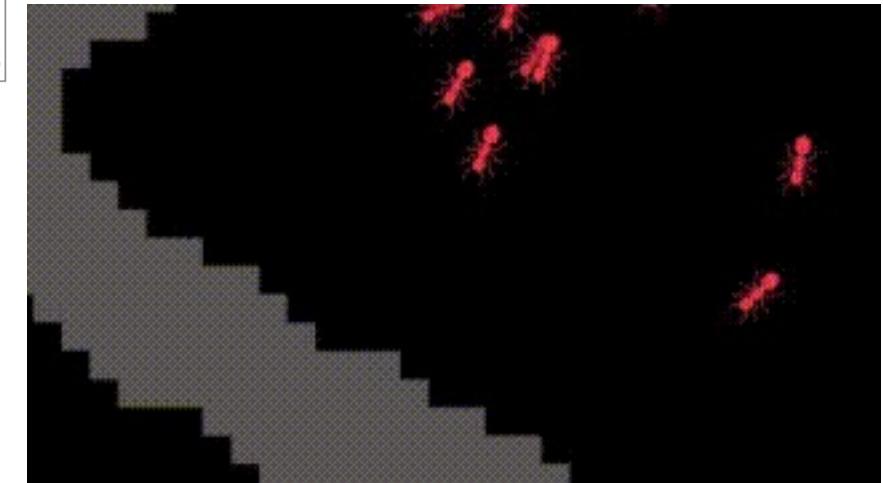
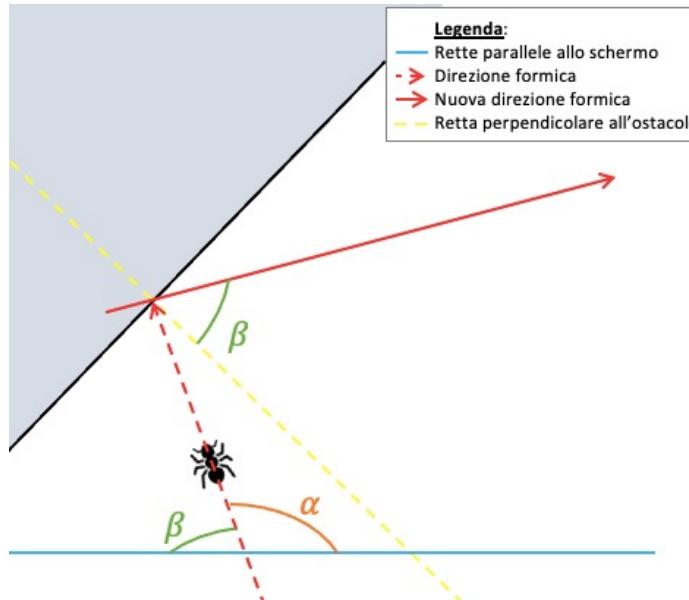
Alla nuova direzione viene sommato un valore di rumore compreso nell'intervallo $[-\pi \cdot 0.1, +\pi \cdot 0.1]$ chiamato direction_noise_range.



Movimento urto contro i muri

In generale non c'è interazione tra formiche ed esse si muovono in modo completamente casuale.
Nel momento in cui una formica sbatte contro un ostacolo la nuova direzione è calcolata come

$$\beta = 180 - \alpha$$

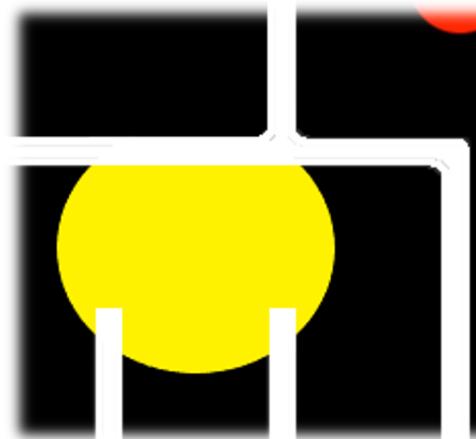




Modifiche effettuate al modello

Le modifiche principali che abbiamo effettuato sono state:

- Aggiungere la presenza di luce rossa all'interno dei labirinti;
- Modificare il comportamento delle formiche nel momento in cui si vengono a trovare sotto le zone di luce.



La luce è stata rappresentata gialla per semplicità e, siccome l'ambiente che abbiamo utilizzato è completamente bidimensionale, le zone illuminate sono considerate come "dischetti piatti" sotto cui le formiche subiscono una modifica del comportamento.

L'effetto della luce agisce sia in fase di ricerca di cibo che in fase di ritorno al formicaio.

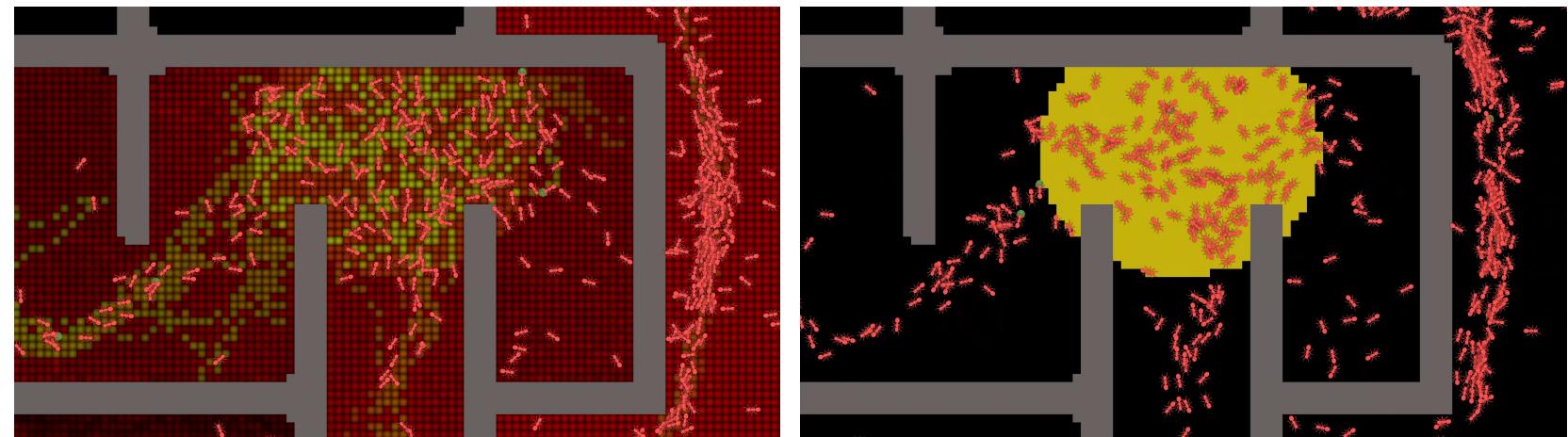


Comportamento sotto luce rossa

Sotto la luce rossa le formiche perdono quasi del tutto le loro capacità aggregative.

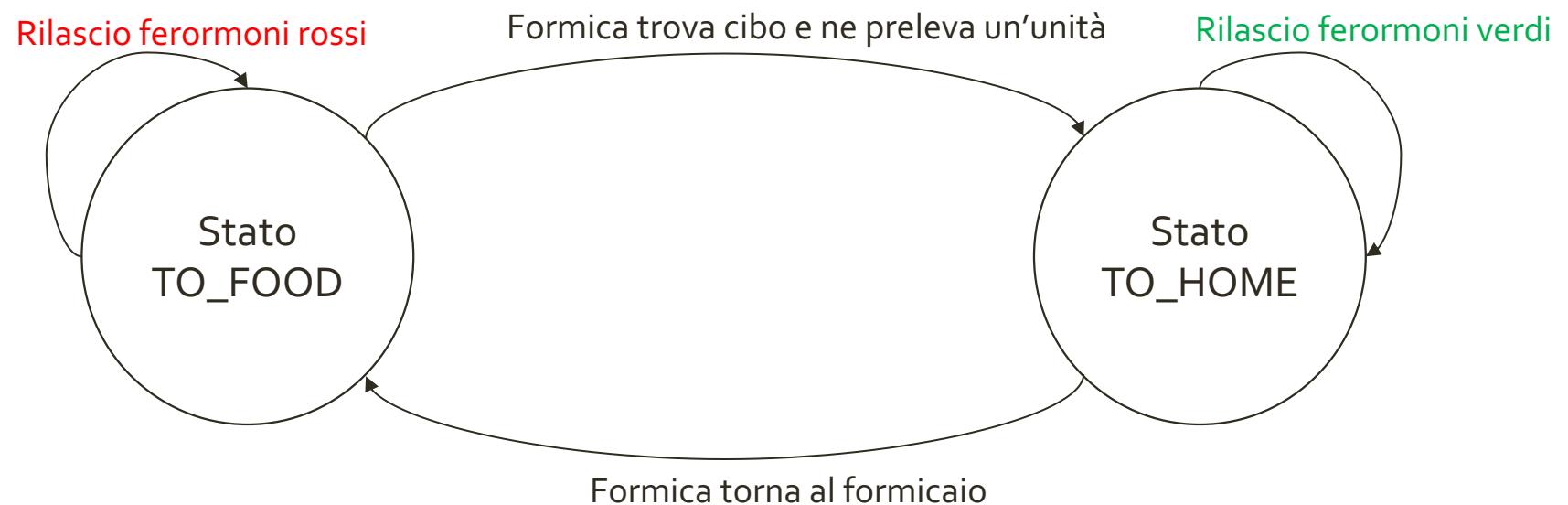
La formica, ispezionando le celle del proprio campo visivo, sceglierà di percorrere la direzione con il minor valore di intensità del ferormone rilasciato.

Le celle con maggiore livello di intensità di ferormone saranno quelle in cui sono appena passate delle altre formiche.

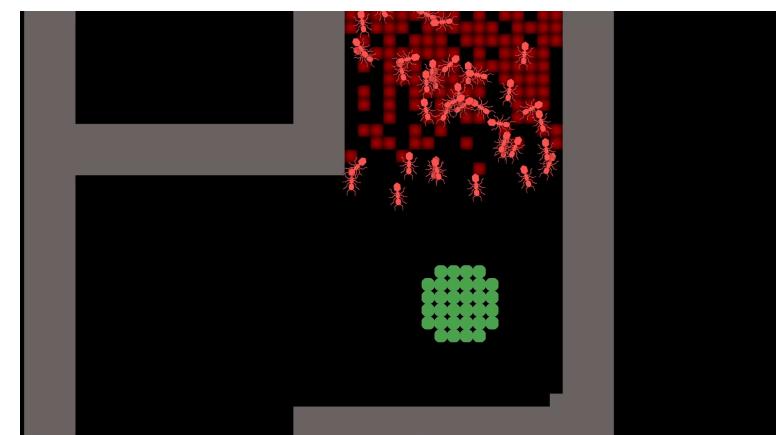
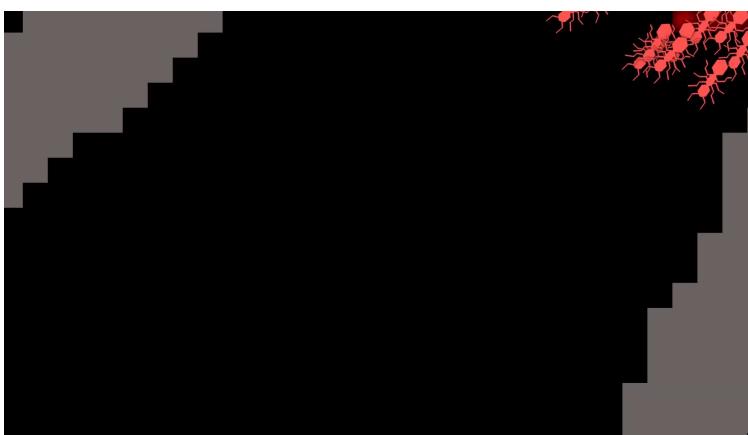
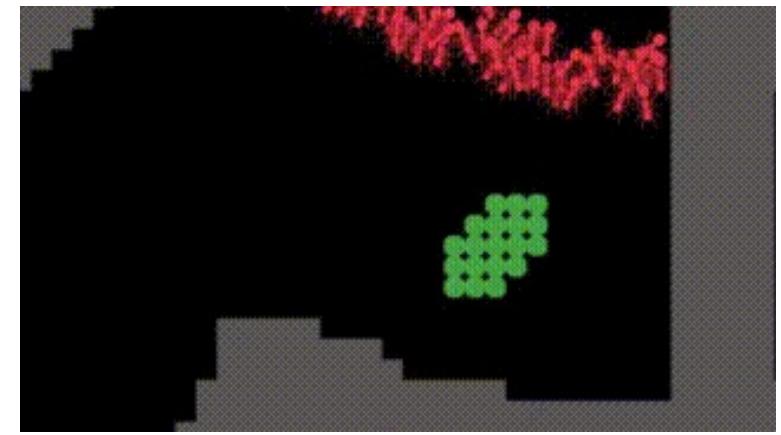
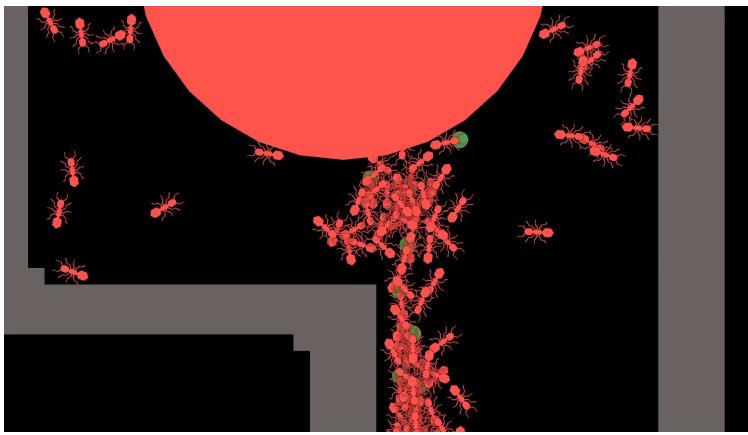


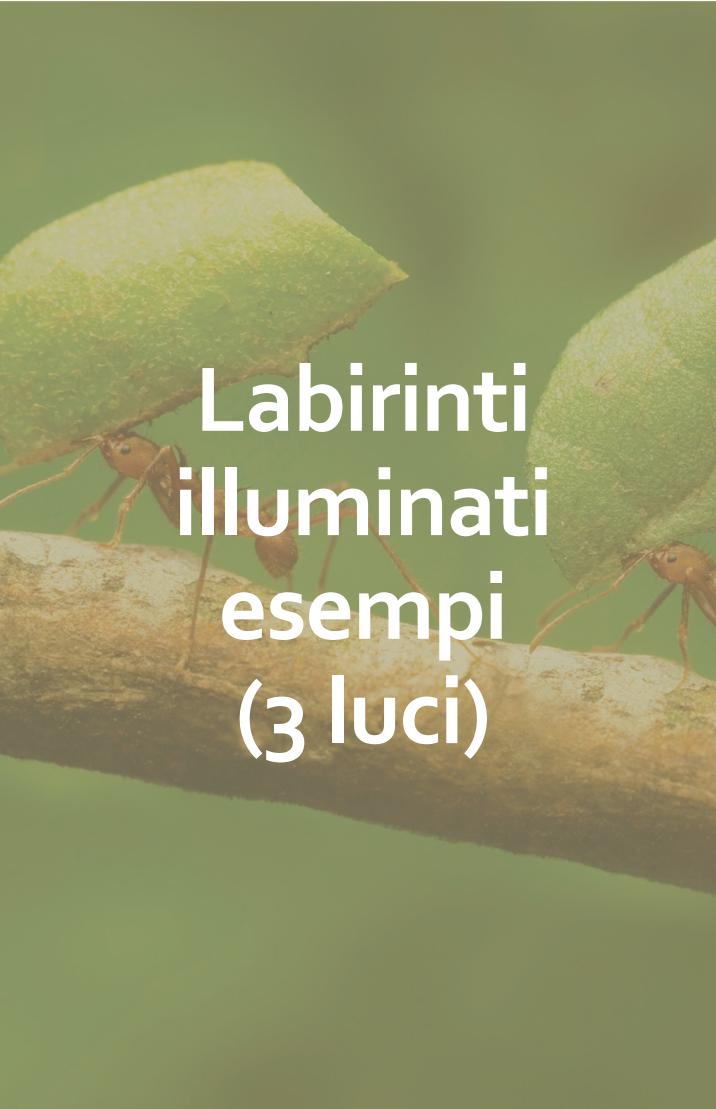


Stati degli agenti

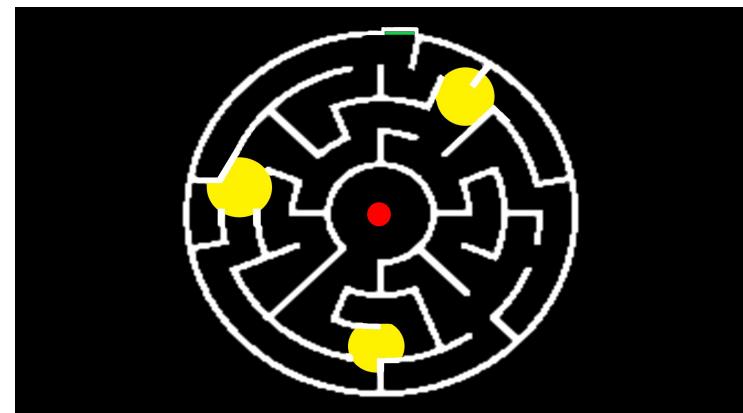
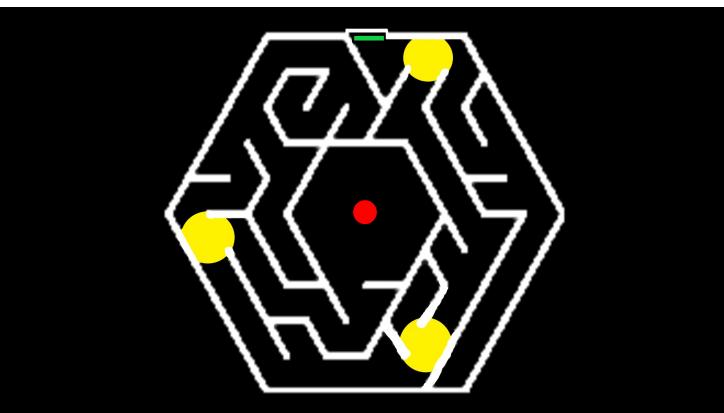
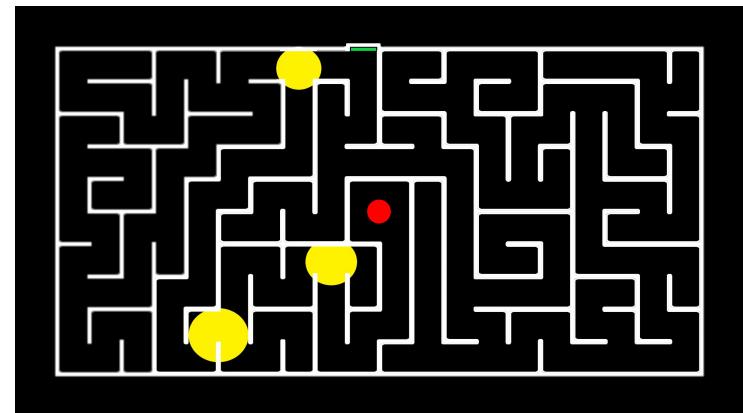
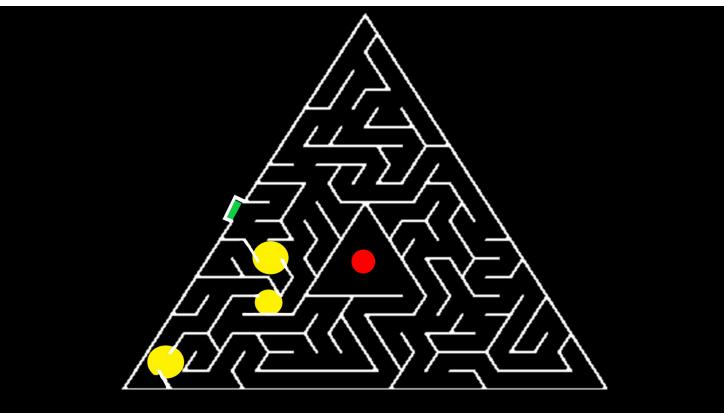


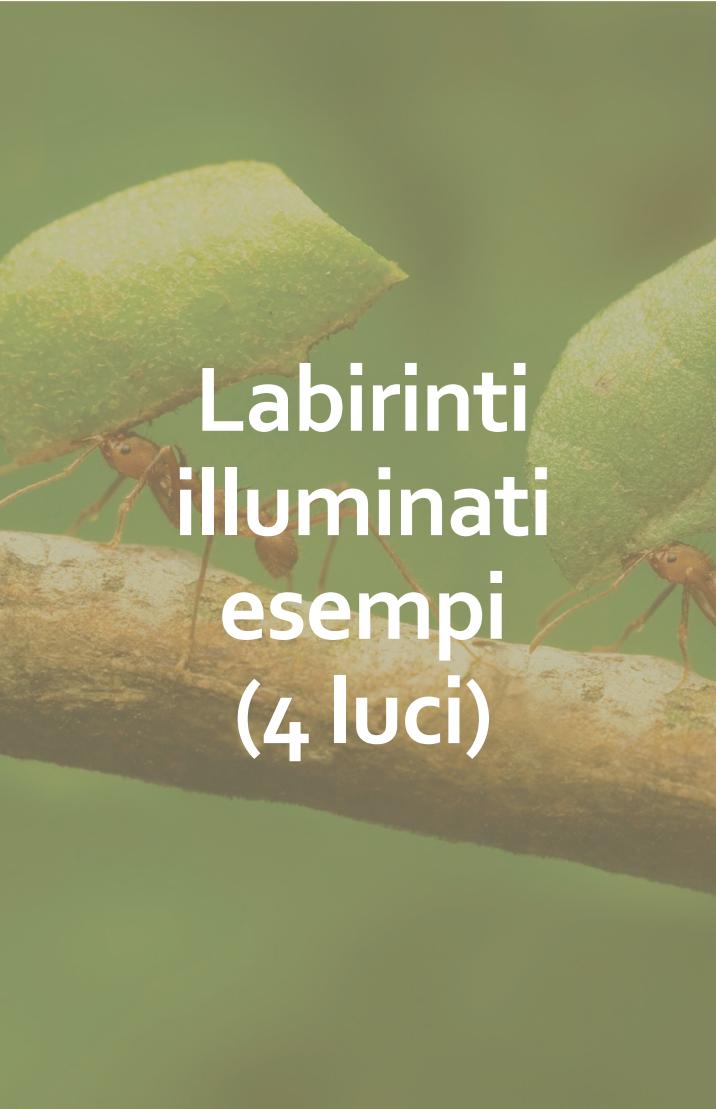
Comportamento esempi





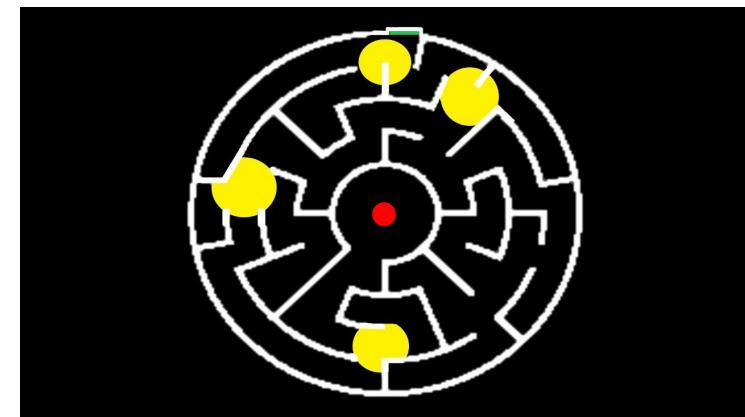
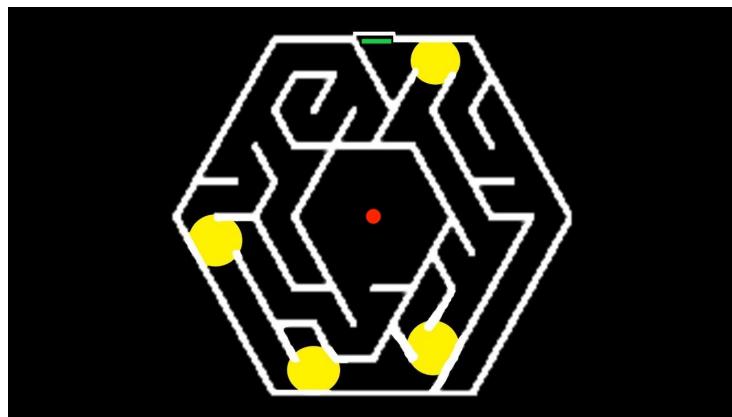
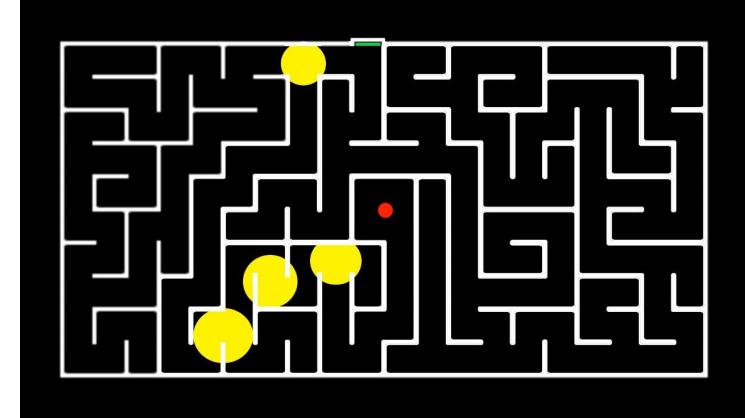
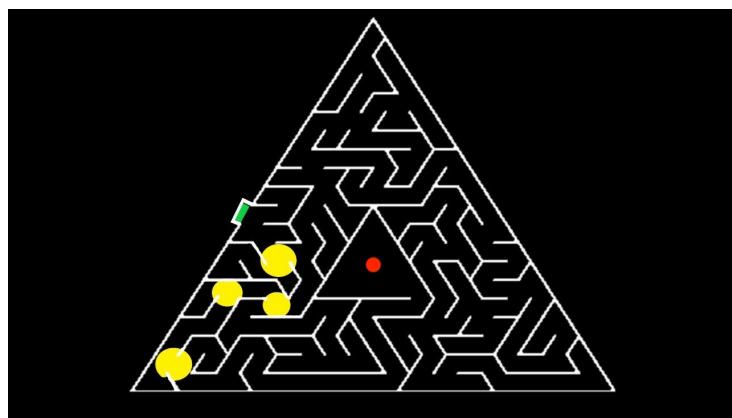
Labirinti illuminati esempi (3 luci)

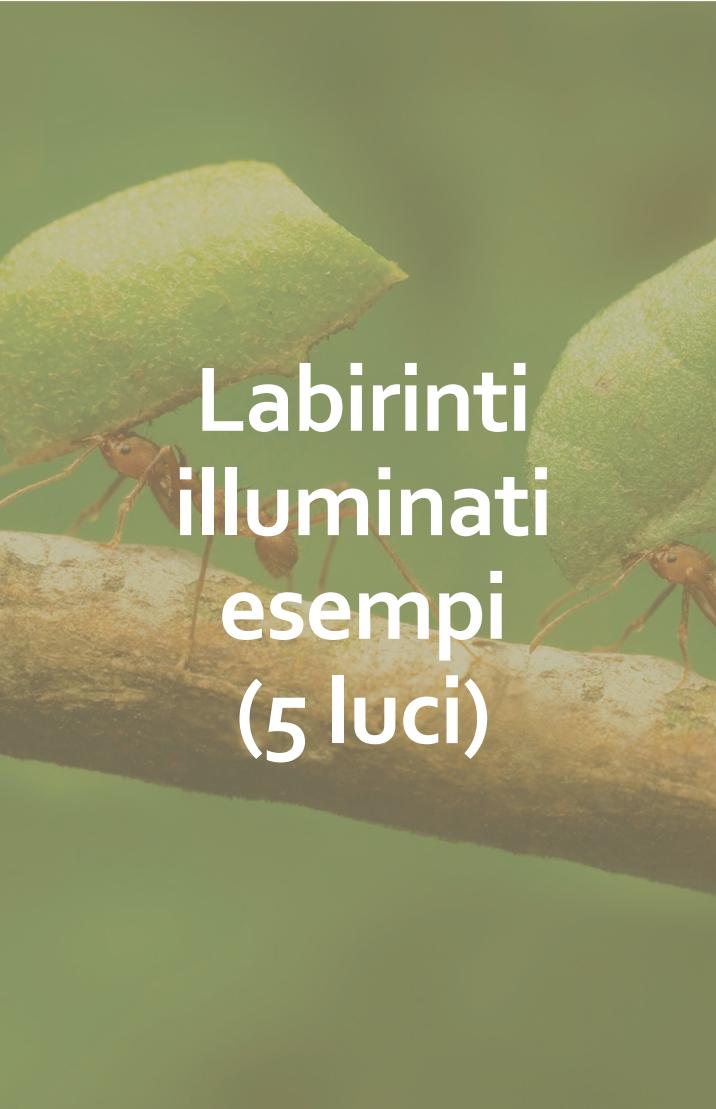




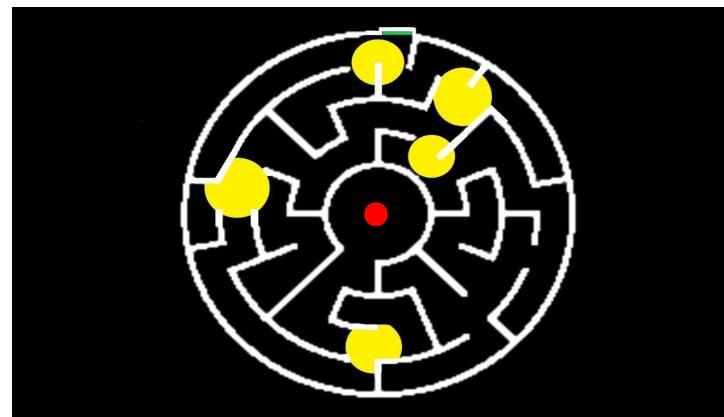
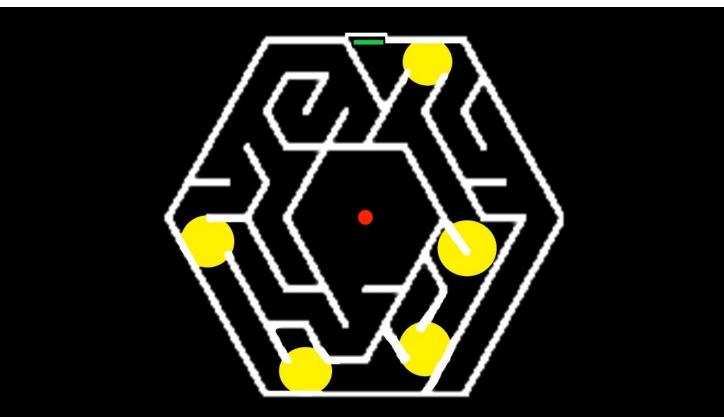
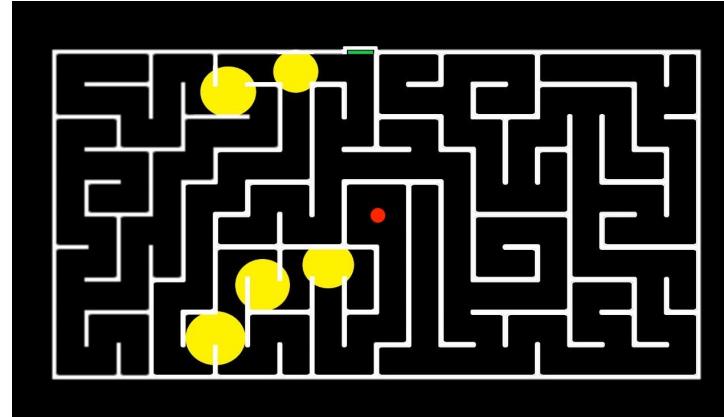
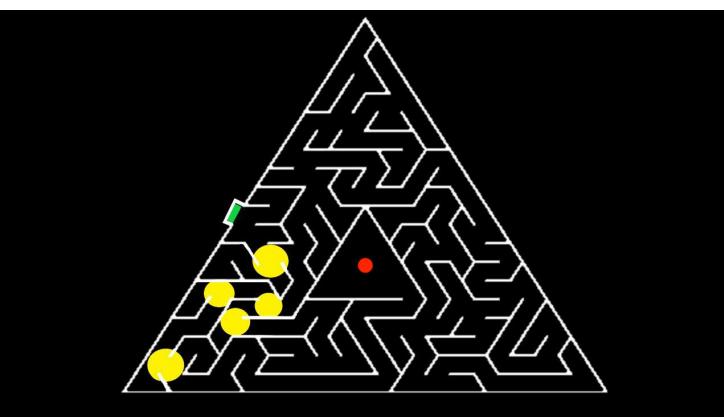
A photograph of two ants on a green leaf. One ant is in the foreground, facing right, and another is in the background, facing left. The text is overlaid on the leaf.

Labirinti illuminati esempi (4 luci)

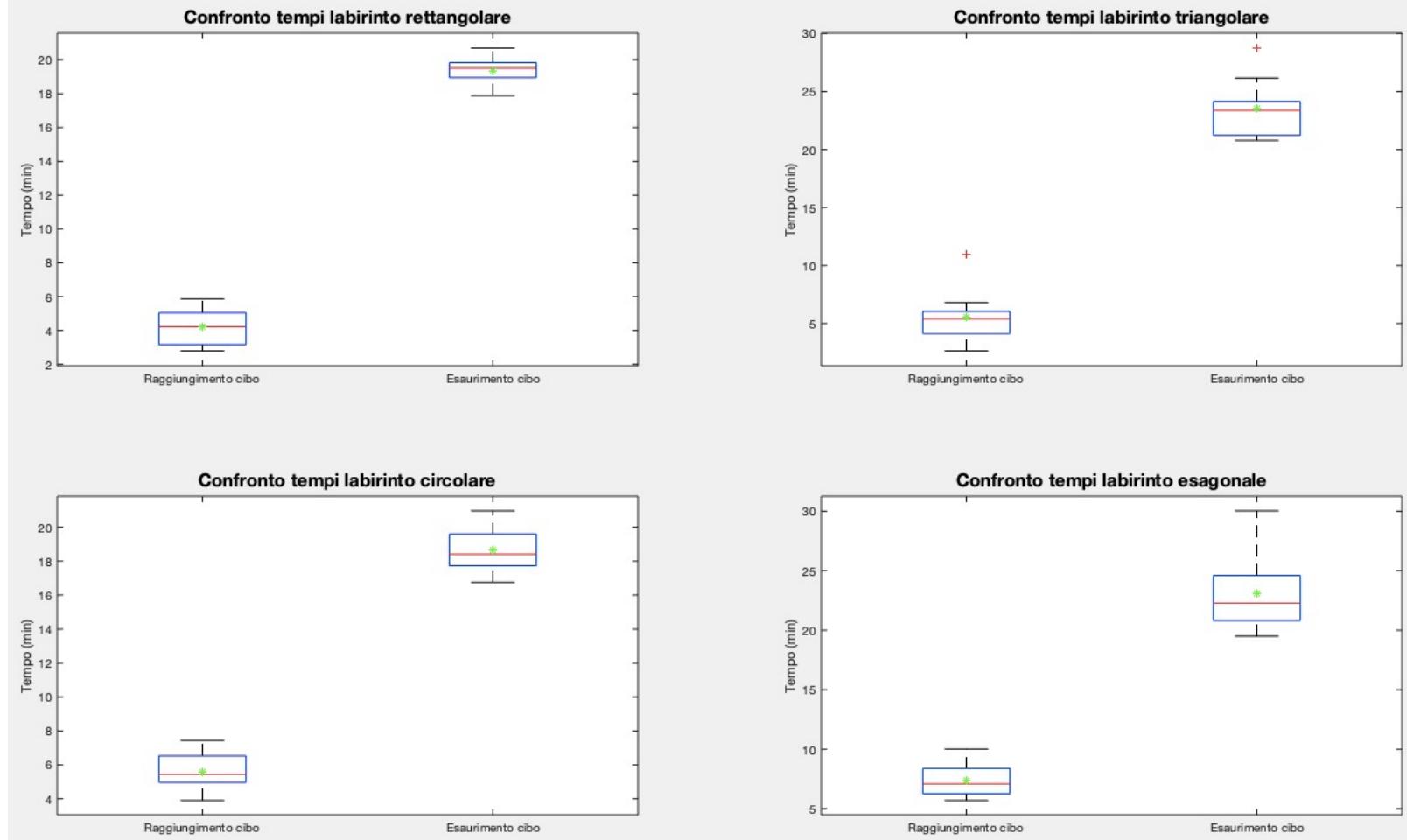




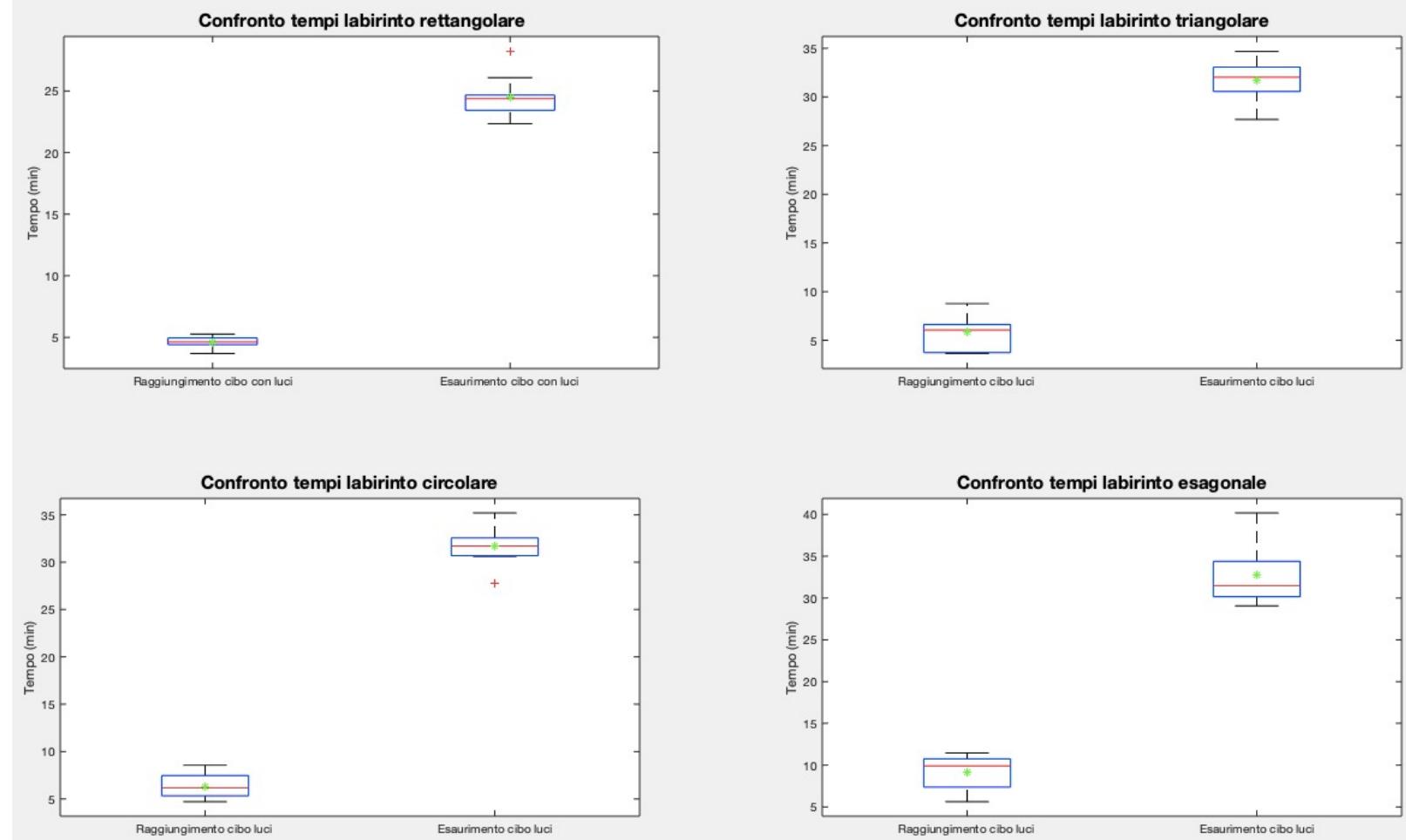
Labirinti illuminati esempi (5 luci)



Risultati simulazioni semplici

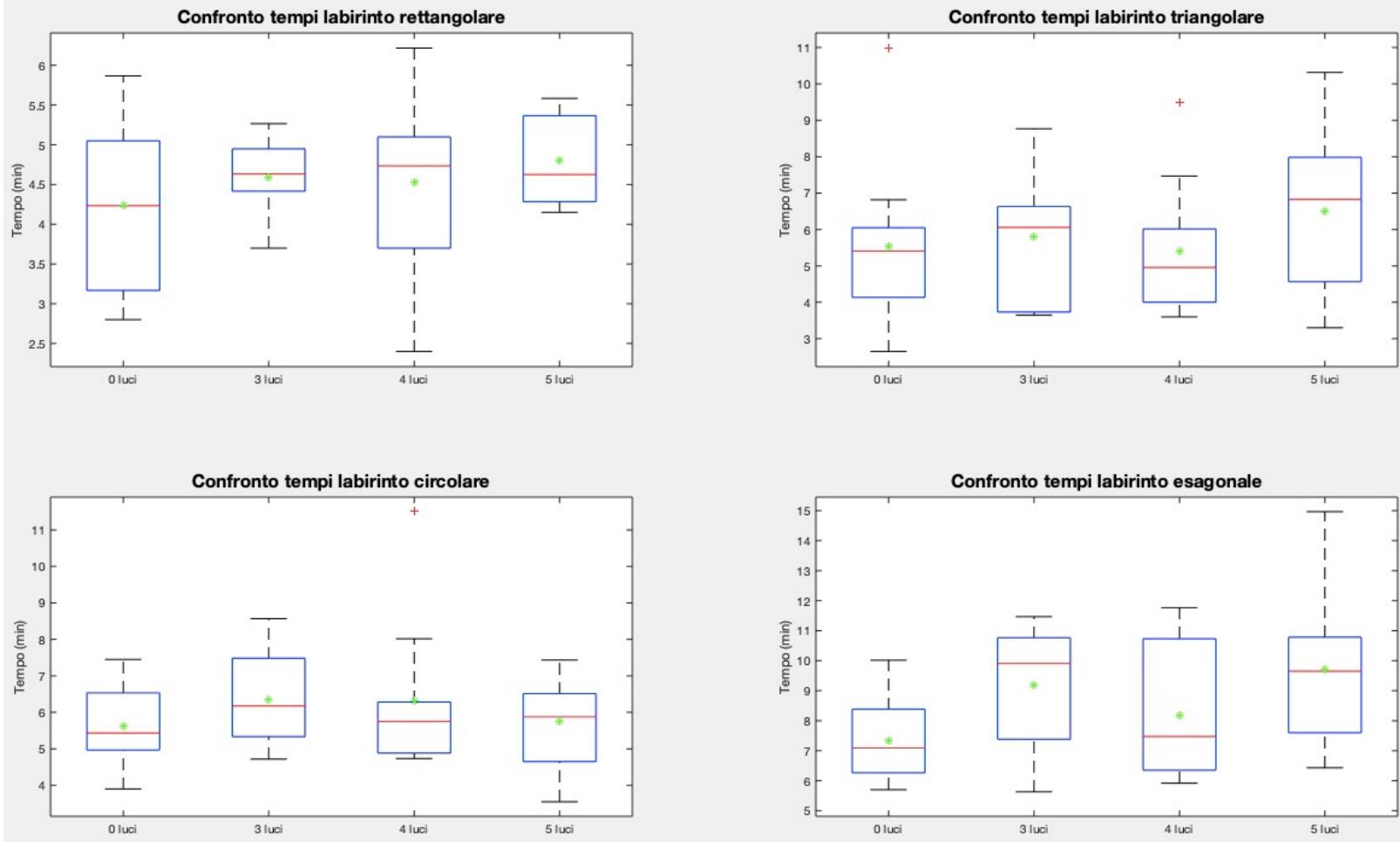


Risultati simulazioni con luci rosse

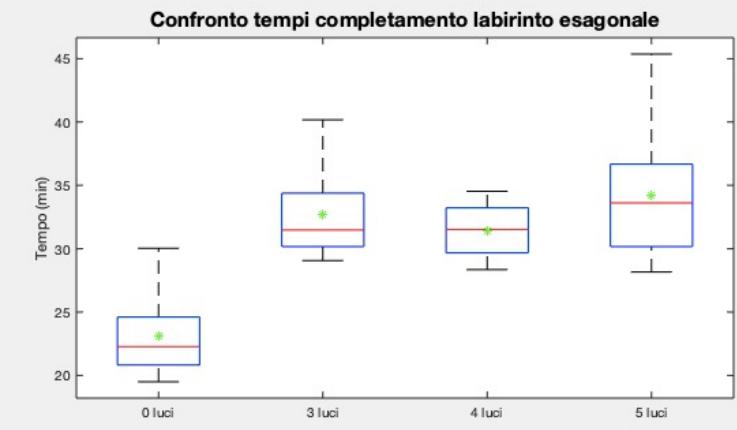
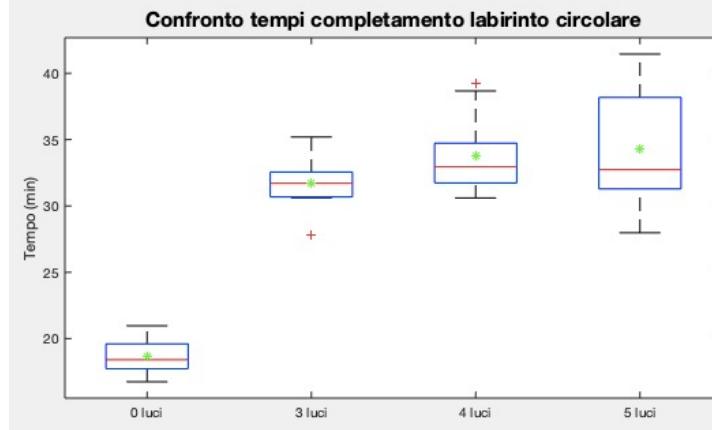
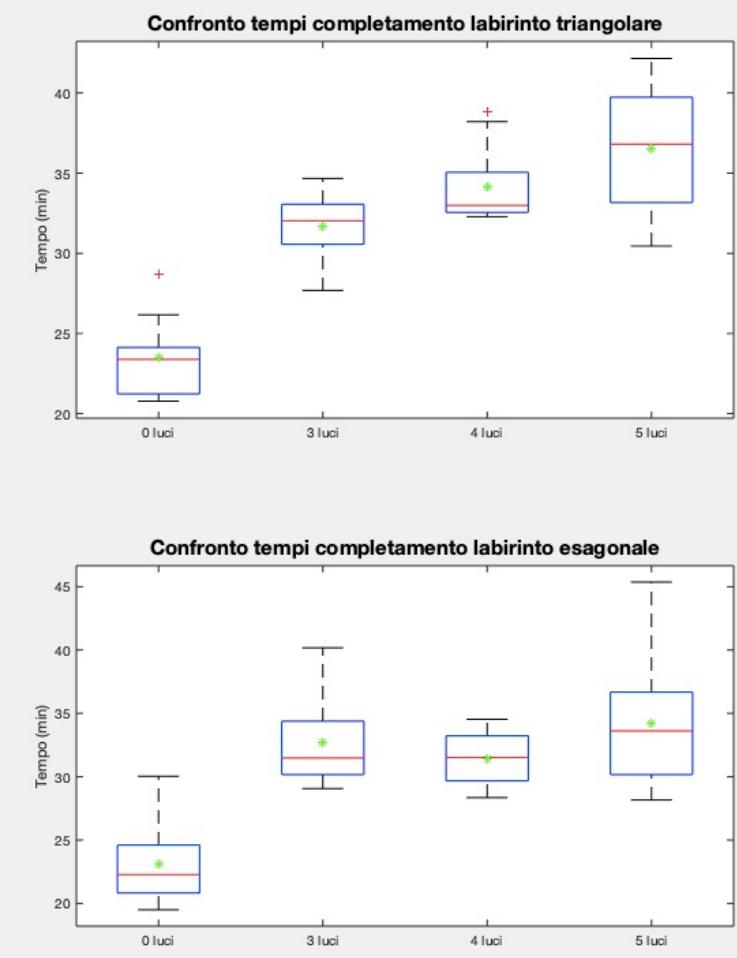
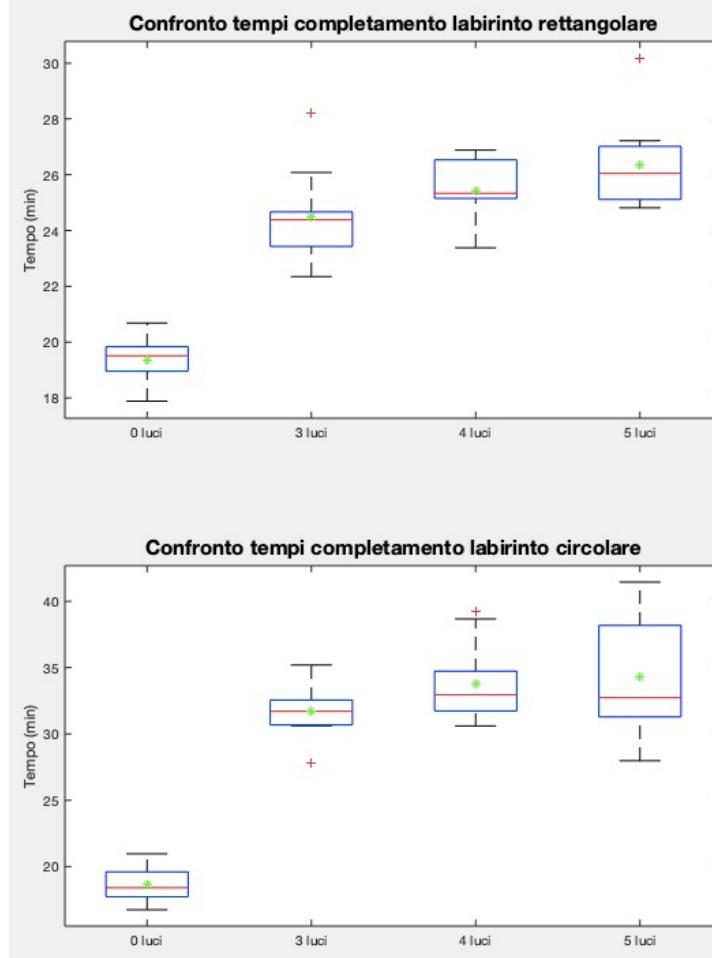




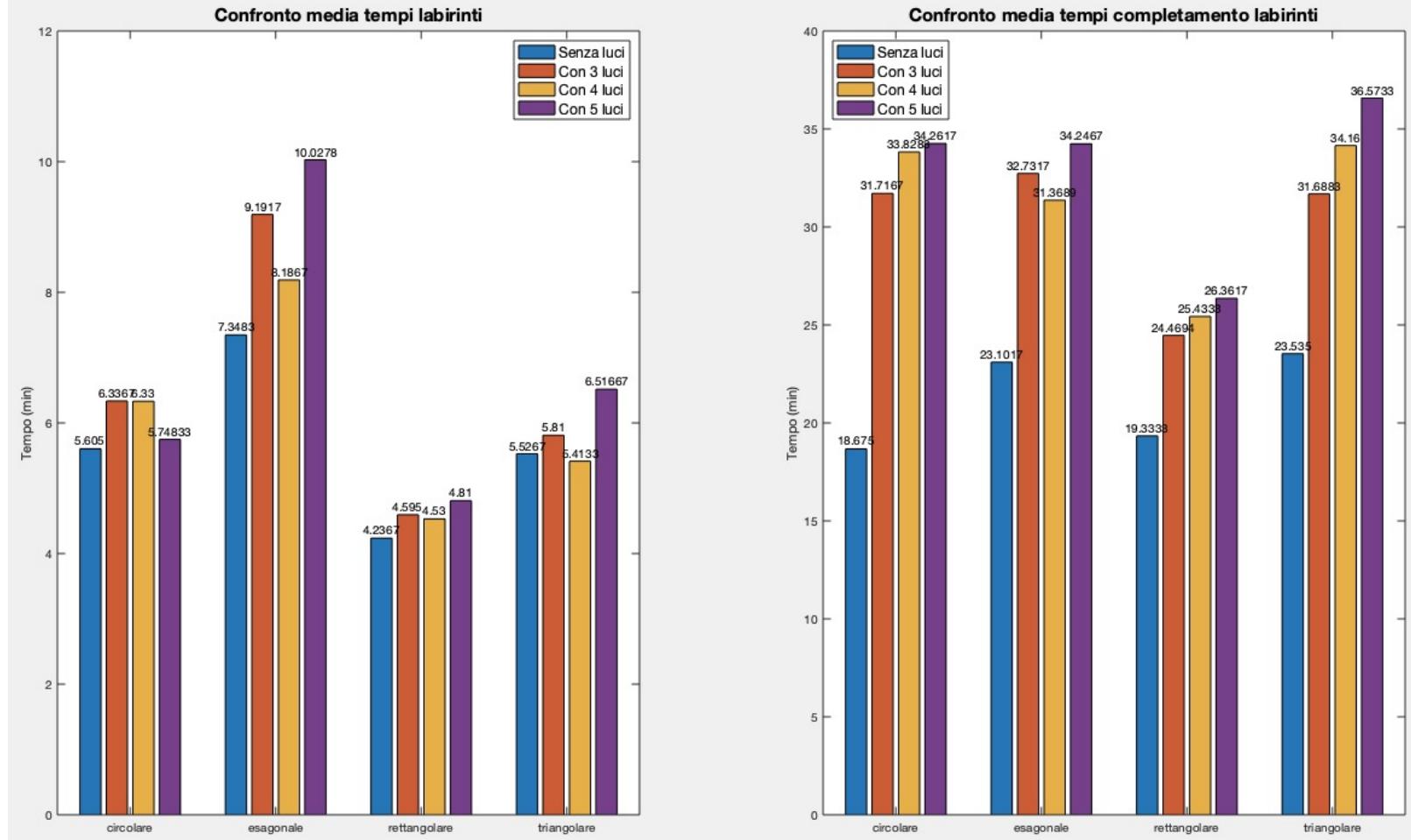
Analisi dei risultati (raggiungimento del cibo)



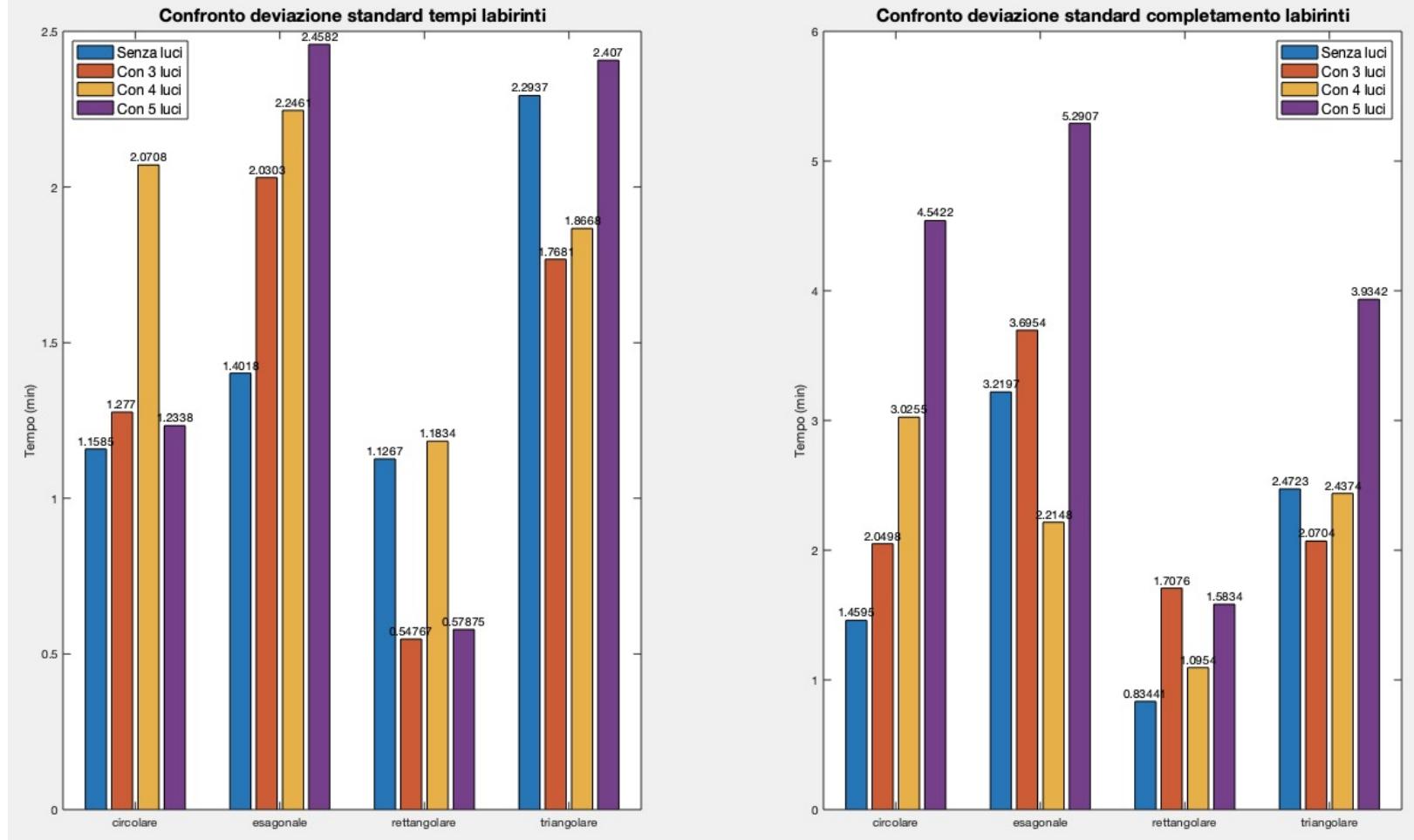
Analisi dei risultati (esaurimento del cibo)



Analisi dei risultati (media)



Analisi dei risultati (deviazione standard)





Conclusioni e sviluppi futuri

Tra le due tipologie di labirinti (con e senza l'aggiunta di luci rosse) possiamo trarre le seguenti conclusioni:

- I tempi di raggiungimento del cibo non subiscono particolari variazioni
- I tempi di esaurimento del cibo aumentano significativamente nei labirinti con i corridoi illuminati da luce rossa

Possibili sviluppi futuri sono:

- Considerare l'interazione tra formiche e considerare che interagendo si scambiano messaggi
- Riprodurre in un ambiente reale le nostre simulazioni e verificare effettivamente l'attendibilità dei nostri risultati



Riferimenti bibliografici

- [1] Narendra Ajay, F. Reid Samuel e A. Raderschall Chloé. "Navigational Efficiency of Nocturnal Myrmecia Ants Suffers at Low Light Levels". In: PLoS ONE. 2013.
- [2] Algoritmo ACO. 2014. url: https://www.okpedia.it/algoritmo_aco.
- [3] Zeno Benci. Le formiche e la comunicazione tramite feromoni. Liceo Cantonale di Lugano 1, 2014.
- [4] Christian Blum. "Ant colony optimization: Introduction and recent trends". In: Physics of Life Reviews 2, 353-373 (2005).
- [5] Feromone. 2020. url: <https://it.wikipedia.org/wiki/Feromone>.
- [6] Formicidae. 2021. url: https://it.wikipedia.org/wiki/Formicidae#Organizzazione_sociale_e_comportamento.
- [7] Grah Gunnar, Wehner Rudiger e Ronacher Bernhard. "Desert ants do not acquire and use a three-dimensional global vector". In: Frontiers in Zoology, 4-12 (2007).
- [8] johnBuffer, aleaiactaest e MichaelGrigoryan25. AntSimulator. url: <https://github.com/johnBuffer/AntSimulator>.



Riferimenti bibliografici

- [9] Francisco Obando-Vidal, Néstor Díaz-Marino e Ember Martínez-Flor. "Algoritmo de optimización de colonia de hormigas aplicado a TSP, una revisión sistemática". In: Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação; Lousada Iss. E38, 404-417 (2020).
- [10] Depickère Stéphanie, Fresneau Dominique e Deneubourg Jean-Louis. "The influence of red light on the aggregation of two castes of the ant, *Lasius niger*". In: Journal of Insect Physiology 50, 629-635 (2004).
- [11] Russell Stuart e Norvig Peter. Artificial Intelligence, A Modern Approach. 2003.