

## Breve descrizione dell' algoritmo Ants

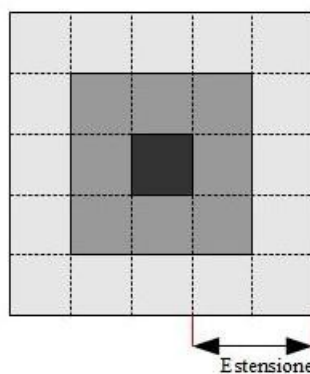
**Contesto reale:** In natura, le formiche hanno sviluppato un meccanismo molto semplice ma particolarmente efficace per raccogliere il cibo all'esterno del proprio formicaio. Quando una formica trova un cumolo di cibo, rilascia nell'ambiente una scia feromonica (una sorta di traccia olfattiva) che consente alle altre formiche di orientarsi più rapidamente verso la fonte di cibo.

L'approccio che seguono le formiche è quello di un sistema multi agente basato sui paradigmi della stigmergia, un metodo di comunicazione utilizzato nei sistemi decentralizzati per mezzo del quale gli individui del sistema comunicano fra loro per modificare l'ambiente circostante.

Il nostro progetto si pone l'obiettivo di realizzare un simulatore del contesto reale sopra descritto.

### Descrizione del simulatore:

- *Le formiche si aggirano all'interno di una griglia di dimensione 40\*40.*
- *Ogni formica si muove in modo randomico alla ricerca di cibo.*
- *Quando una formica trova una fonte di cibo rilascia un Mark. Il Mark è caratterizzato dai seguenti attributi:*
  1. Intensità del Mark: È il valore d'intensità della sua cella centrale. Tale cella è quella a valore più alto.
  2. Estensione del Mark: Corrisponde al numero di celle in cui si estende il mark oltre la cella centrale. L'estensione spaziale permette alla formica di risalire verso il punto a concentrazione maggiore.



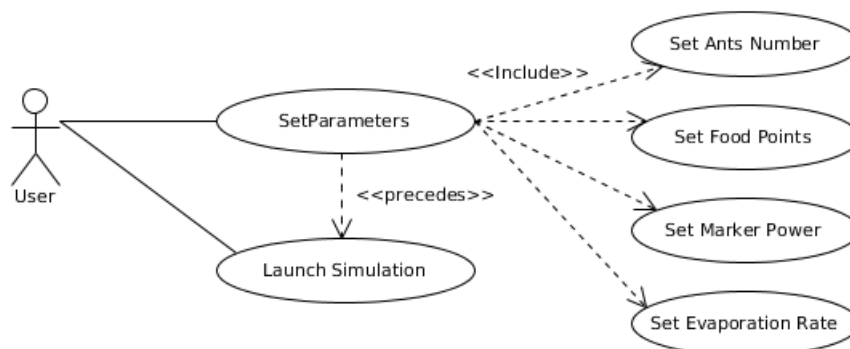
3. Decremento del Mark: Rappresenta la diminuzione percentuale del mark per ogni cella della griglia. L'intensità degrada con l'incrementare della distanza dal centro del mark.
4. Parametri diffusion ed evaporation\_rate: All'inizio è possibile settare questi parametri che servono ad impostare rispettivamente: l'estensione del Mark ed il decremento dello stesso ad ogni iterazione.

- *L' algoritmo prevede due tipologie di Mark:*
  1. Big Mark: corrisponde al Mark rilasciato da una formica nel momento esatto in cui trova il cibo. Questo Mark possiede un determinato valore di *diffusion\_rate* (impostabile a livello utente) che regola la sua estensione spaziale all'interno della griglia.
  2. Mark: corrisponde al Mark rilasciato dalle formiche che hanno già caricato il cibo e stanno tornando verso il formicaio. La sua estensione è circa la metà (arrotondata per eccesso) di quella del Big Mark:  $diffusion\_rate/2$ .
- *Ogni formica che possiede del cibo, rilascia il proprio Mark all'interno della griglia. I contributi dei vari Mark si sommano se agiscono in celle comuni. Questa proprietà, se il numero di formiche con il carico è sufficiente, ha l'effetto di generare una "rampa di salita" che ha il suo massimo ideale in corrispondenza del cumulo di cibo scovato all'interno della griglia ed il suo minimo in corrispondenza del formicaio.*



- *Se una formica trova un Mark, lo risale fino al punto di massima concentrazione, che risulta essere la zona dove è maggiormente probabile che sia posizionato il cibo.*
- *Quando una formica ha caricato il cibo, torna verso il formicaio utilizzando la strada più veloce.*
- *Quando una formica ha portato il cibo al formicaio, torna a muoversi secondo un random-walk discreto.*

In fase di inizializzazione si prevede che l'utente possa effettuare delle variazioni dei parametri base dell'algoritmo. I parametri di default sono quelli che in fase di testing si sono mostrati più efficaci all'approvvigionamento del cibo. La figura seguente mostra lo *use cases diagram* dei parametri di inizializzazione del sistema.



## Semplificazioni:

Per semplicità, sono state adottate le seguenti semplificazioni di contesto durante l'implementazione dell'algoritmo.

- *La somma di più Mark non può superare un valore limite, altrimenti l'`evaporation_rate` potrebbe non essere sufficiente a rimuovere la traccia odorosa.*
- *Più formiche possono sostare all'interno della stessa cella.*
- *Quando una formica si muove con schema random-walk, non può tornare nella casella di provenienza. Questo per evitare cammini ciclici.*

## Limiti dell'algoritmo:

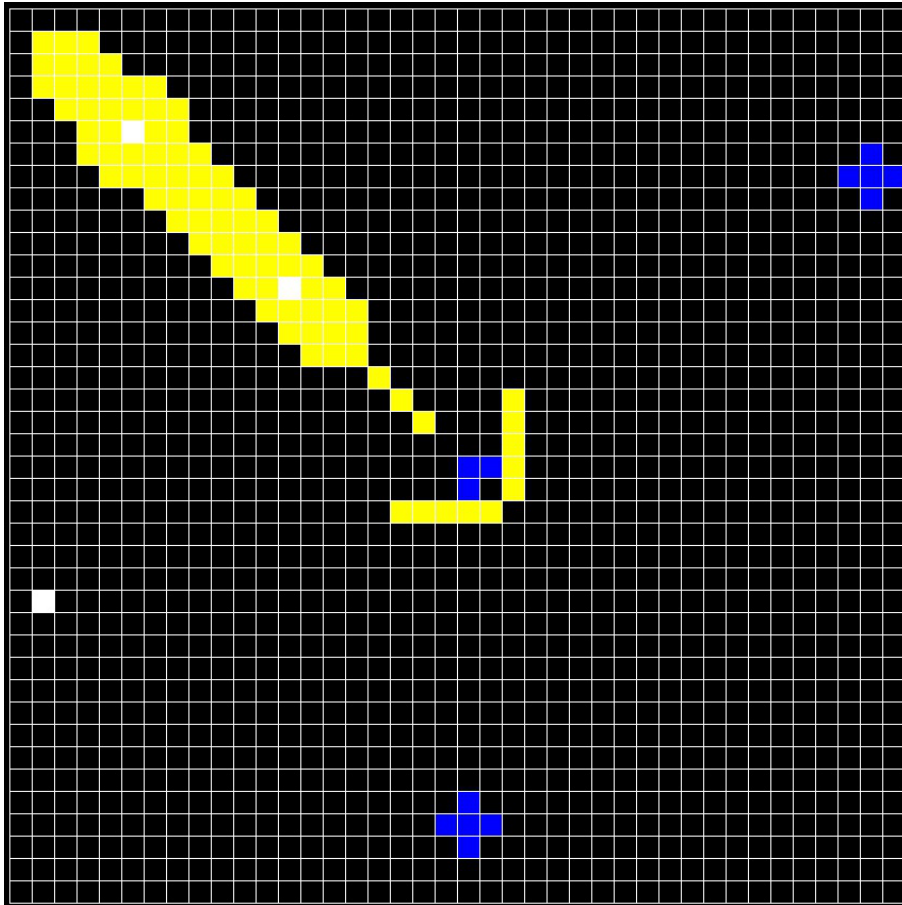
In fase di sviluppo del software sono risultate evidenti alcune limitazioni relative al corretto funzionamento dell'algoritmo che non erano state previste durante la prima fase di analisi progettuale.

### 1. Corretta impostazione dell'`evaporation_rate`:

Nelle prime versioni dell'algoritmo si può facilmente riscontrare un'anomalia nel comportamento delle formiche che risalgono l'impronta feromonica, dovuta a valori troppo bassi del tasso di evaporazione del Mark (`evaporation_rate`).

Inizialmente questo parametro è stato testato con svariati valori naturali inferiori a 30 ed in ogni scenario, come risultato, le formiche appena trovavano del cibo creavano una traccia odorosa di Mark (aventi estensione  $\text{diffusion\_rate}/2$ ) corretta dal cibo al formicaio che rispecchiava le aspettative di progetto. Tuttavia, quando più formiche (con il carico di cibo), seguivano percorsi simili ma differenti per tornare verso il formicaio, formavano con i propri mark, dei massimi locali sulla rampa feromonica in corrispondenza dei punti di maggior affluenza lungo il percorso. Successivamente, le formiche che tentavano di risalire dal formicaio verso il punto di massimo globale, si addensavano nei punti di massimo locale formati in precedenza e vi rimanevano intrappolate fino a quando la traccia dei mark non si dissolveva per effetto dell'`evaporation_rate`.

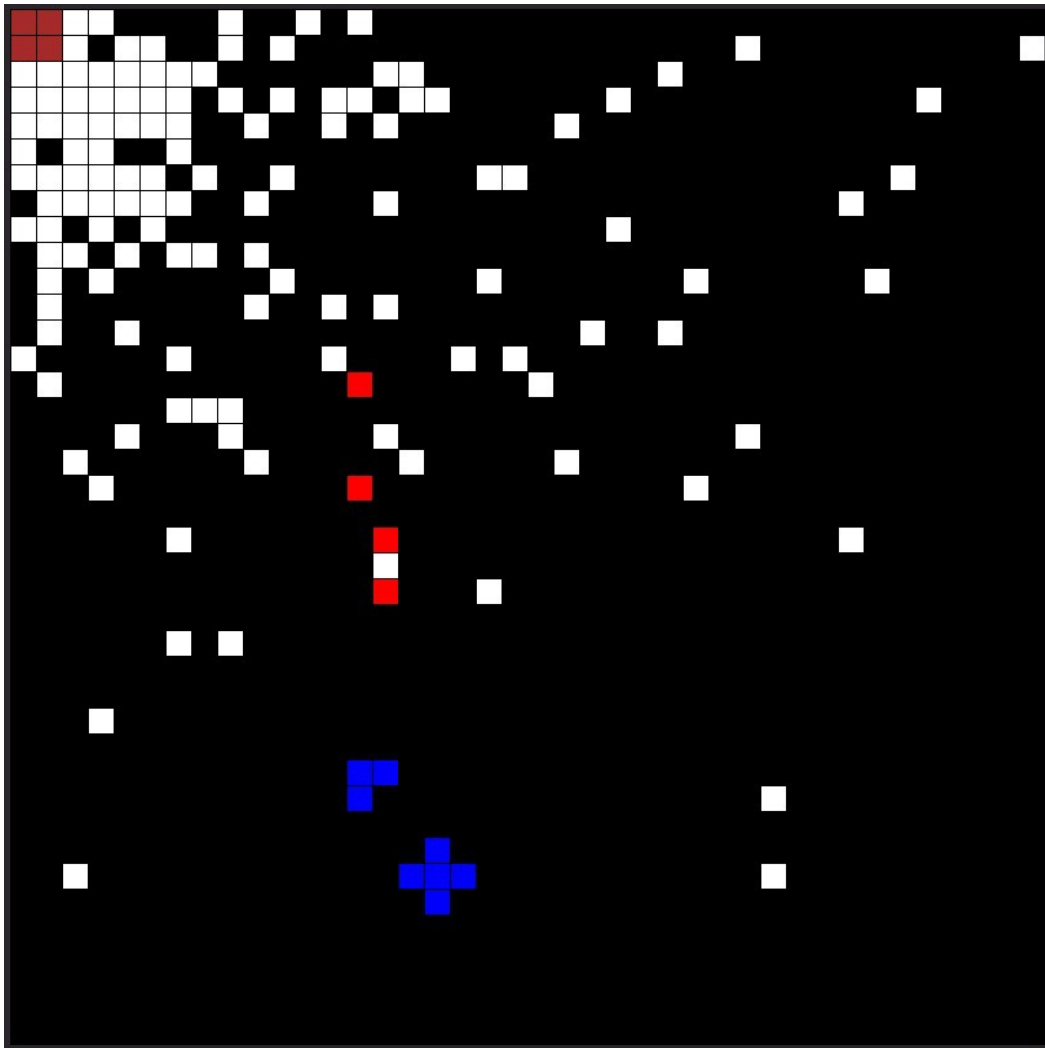
In seguito, variando i valori iniziali dell'`evaporation_rate` è stato possibile raggiungere dei livelli di stabilità. Infatti, se il numero di formiche è inferiore o uguale a 200, con un `evaporation_rate` maggiore di 30, non si incorre nella formazione di massimi locali lungo il percorso. Ciò nonostante, se si aumenta il numero di formiche presenti all'interno della griglia si incorre nuovamente nel problema; è pertanto consigliabile mantenere un aumento proporzionale del livello dell'`evaporation_rate` rispetto alla popolazione di formiche presente.



L'immagine precedente mostra la scia feromonica (in giallo) costituita dalla sovrapposizione dei Mark e le formiche (in bianco) che sono rimaste intrappolate in corrispondenza dei massimi locali formati in precedenza dopo aver risalito la traccia dal formicaio (posizionato nell'origine degli assi) verso il cumulo di cibo trovato (evidenziato dalle caselle blu al termine della scia). Una situazione di questo tipo è indice di una scelta inappropriata dell'*evaporation\_rate* rispetto alla popolazione di formiche.

Si noti che una scorretta inizializzazione dell'*evaporation\_rate* può indurre anche nel problema opposto. Infatti, se il valore impostato (dell'*evaporation\_rate*) è troppo elevato (rispetto al numero di formiche presenti), allora le formiche che seguono lo schema di random-walk non riescono ad individuare la traccia feromonica, rendendo così impossibile alle formiche vicine la possibilità di rintracciare la fonte di cibo scoperta. Le sole formiche che si accorgono della presenza del mark sono quelle che si sovrappongono alle formiche che lo stanno rilasciando; ma non potendo seguire alcuna rampa, tornano al formicaio "a mani vuote" seguendo l'unico massimo che riescono ad identificare: la formica con il carico più vicina.

Come nel caso precedente, anche questo problema può essere risolto imponendo un valore inferiore a 90 dell'*evaporation\_rate* se la popolazione di formiche è pari a 200. Altrimenti, deve essere proporzionale al numero di formiche presenti all'interno della griglia.



L'immagine precedente mostra le formiche che hanno trovato il cibo (in rosso) sprovviste della scia dei mark perché è già diffusa a causa di un valore inappropriato dell'*evaporation\_rate* (troppo elevato).

## 2. Problema della distanza del formicaio dai cumuli di cibo:

Qualora la fonte di cibo sia posizionata ad una distanza eccessiva rispetto al formicaio, malgrado un'inizializzazione ottima dei parametri iniziali, non si riesce a formare una scia di mark completa in grado di collegare direttamente il cumulo di cibo al formicaio. Pertanto, le formiche non sono in grado di ottenere un orientamento consistente rispetto a questi cumuli di cibo; il tutto si traduce in un tempo estremamente più alto richiesto, ma necessario, ai fini del consumo dello stesso. Per semplicità implementativa, questa situazione è stata ritenuta accettabile ai fini della simulazione. Infatti, anche in relazione al contesto reale, se il cibo è molto distante dal formicaio la scia feromonica tende a svanire prima che un numero sufficiente di formiche riesca a formare il percorso corrispondente.

Tuttavia, si possono ottenere delle prestazioni elevate se si utilizza una popolazione di 400 formiche con un tasso di evaporazione del mark pari a 30. In tal caso, l'andamento della diminuzione del cibo rispetto al tempo tende ad essere lineare ed in determinati casi si riesce anche ad ottenere una scia di mark completa.

### **3. Problema dell'aumento della complessità:**

L'ultimo limite riscontrato è strettamente correlato alle capacità di esecuzione della macchina su cui il software è in esecuzione. Infatti, l'aumento del numero di formiche presenti all'interno della griglia comporta un aumento quadratico del numero di operazioni che deve eseguire la macchina nell'unità di tempo. Questo è il motivo per cui non è possibile impostare una popolazione di formiche superiore a 400 elementi. Testando il software su client dotati delle caratteristiche più comuni attualmente in commercio, sono stati ottenuti dei riscontri positivi agendo sui parametri entro gli intervalli specificati ma quasi nessuna di queste è stata in grado di gestire una popolazione di formiche maggiore di 500 elementi.

Tuttavia, se si fa girare il software su smartphone o macchine con bassa capacità computazionale è possibile incorrere in scenari di errata o di mancata sincronizzazione. In tal caso, alcuni elementi tendono a scomparire dalla griglia. Per evitare che si presentino situazioni di questo tipo è necessario allungare il tempo di esecuzione della funzione javascript *setInterval()*.

### **Alcuni esempi di testing:**

Di seguito riportiamo una breve panoramica di alcuni test effettuati utilizzando:

- Un solo cumulo di cibo posizionato al centro della griglia.
- Una popolazione di 200 formiche.

L'obiettivo è quello di trovare la configurazione dei parametri *diffusion\_rate* (o grandezza/estensione del Mark) ed *evaporation\_rate* che ci consenta di consumare il cibo nel minor tempo possibile.

Dopo vari tentativi si può facilmente constatare che il set ottimo dei parametri tra le varianti proposte è il seguente:

- *Grandezza del mark* = 7
- *Evaporation Rate* = 45

### **Test eseguiti (5 esecuzioni per test):**

1 test:

- *Grandezza mark* = 2
- *Evaporation rate* = 30
- *Tempo impiegato* = 61s 71s 46s 66s 46s

*Media dei tempi impiegati* = 58s

2 test:

- *Grandezza mark* = 2
- *Evaporation rate* = 90
- *Tempo impiegato* = 66s 31s 66s 66s 56s

*Media dei tempi impiegati* = 57s

3 test:

- *Grandezza mark* = 2
- *Evaporation rate* = 60
- *Tempo impiegato* = 31s 46s 81s 71s 81s

*Media dei tempi impiegati* = 62s

4 test:

- *Grandezza mark* = 2
- *Evaporation rate* = 45
- *Tempo impiegato* = 56s 66s 56s 61s 31s

*Media dei tempi impiegati* = 54s

5 test:

- *Grandezza mark* = 2
- *Evaporation rate* = 75
- *Tempo impiegato* = 56s 71s 71s 61s 66s

*Media dei tempi impiegati* = 65s

6 test:

- *Grandezza mark* = 5

- *Evaporation rate* = 30
- *Tempo impiegato* = 31s 26s 46s 31s 31s

*Media dei tempi impiegati* = 33s

7 test:

- *Grandezza mark* = 5
- *Evaporation rate* = 90
- *Tempo impiegato* = 61s 66s 61s 71s 71s

*Media dei tempi impiegati* = 66s

8 test:

- *Grandezza mark* = 5
- *Evaporation rate* = 60
- *Tempo impiegato* = 36s 71s 21s 46s 51s

*Media dei tempi impiegati* = 45s

9 test:

- *Grandezza mark* = 5
- *Evaporation rate* = 45
- *Tempo impiegato* = 31s 51s 36s 41s 41s

*Media dei tempi impiegati* = 40s

10 test:

- *Grandezza mark* = 5
- *Evaporation rate* = 75
- *Tempo impiegato* = 26s 31s 31s 46s 56s

*Media dei tempi impiegati* = 38s

11 test:

- *Grandezza mark* = 7
- *Evaporation rate* = 30
- *Tempo impiegato* = 31s 31s 31s 31s 31s

*Media dei tempi impiegati* = 31s



12 test:

- *Grandezza mark* = 7
- *Evaporation rate* = 90
- *Tempo impiegato* = 71s 66s 66s 41s 61s

*Media dei tempi impiegati* = 61s

13 test:

- *Grandezza mark* = 7
- *Evaporation rate* = 60
- *Tempo impiegato* = 51s 26s 51s 41s 61s

*Media dei tempi impiegati* = 46s

14 test:

- *Grandezza mark* = 7
- *Evaporation rate* = 45
- *Tempo impiegato* = 21s 31s 31s 36s 21s

*Media dei tempi impiegati* = 28s

15 test:

- *Grandezza mark* = 7
- *Evaporation rate* = 75
- *Tempo impiegato* = 26s 51s 51s 41s 51s

*Media dei tempi impiegati* = 44s