
PARADISO DELLE TERMITI

Lorenzo Rossi, Francesco Malferrari, Lucrezia Sitta

Progetto

Il progetto consiste nella realizzazione di un sistema multi-agente, nella modifica di questo in base alle necessità e nel raccoglimento di informazioni grazie agli esperimenti.

Ogni nuova versione del modello è più raffinata della precedente.

Si passa dalla versione iniziale, che non è un sistema collettivo, alla versione finale, un sistema collettivo i cui agenti sono capaci di evolvere e di adattarsi al meglio all'ambiente.

1) Progetto base: Termiti

Il progetto si svolge su NetLogo, un ambiente 2D al cui interno vi sono delle termiti che interagiscono con parti di cibo e lo radunano in gruppi.

Il movimento delle termiti è pseudocasuale: una volta che una di esse trova del cibo lo raccoglie, si sposta e quando trova spazio libero, lo rilascia.

Ambiente

L'ambiente è un toroide (ovvero non presenta bordi) ed è composto da 150x150 patch.

Al momento della generazione viene distribuito del cibo in maniera casuale su tutte le patch e, a seconda della densità (parametro cambiabile da interfaccia grafica), se la patch contiene il cibo viene colorata di giallo, altrimenti rimane nera.

Durante la generazione vengono distribuite casualmente anche le termiti nell'ambiente.

Termiti (Agenti)

L'insieme degli agenti è interamente formato da termiti.

Queste sono posizionate in modo casuale nello spazio e si muovono all'interno dell'ambiente con un angolo virata scelto fortuitamente per ognuna di esse.

Se la termite non è carica di cibo è colorata di bianco, altrimenti diventa gialla.

Il comportamento delle termiti si può dividere in due fasi: la Ricerca e il Rilascio di cibo.

Ricerca: la termite vaga per l'ambiente con un certo angolo di virata, controlla il colore della patch in cui si trova. Se è gialla vuol dire che ha trovato del cibo.

La termite rimuove il cibo dalla patch in cui si trova e inizia a trasportarlo, cambiando colore in giallo, successivamente si gira in una direzione casuale, ed effettua un numero configurabile di passi in avanti detto "rg_inerzia".

Rilascio: la termite infine vaga per l'ambiente fino a quando non trova un posto in cui depositare il cibo. Lo deposita, tornando al suo colore originale e poi si allontana girandosi con una direzione casuale dalla sua posizione attuale ed avanza di un numero configurabile di passi "rg_libera".

Quindi si passa alla fase di Ricerca.

Dinamica del sistema

Le termiti spostano un pezzo di cibo da una patch a un'altra (la quale si trova ad una certa distanza dalla prima), effettuando un'unità di lavoro.

Così facendo, le termiti raccolgono il cibo in magazzini via via sempre più compatti e vicini tra loro, che lentamente tendono a unirsi fino a formare un unico magazzino contenente tutto il cibo presente nell'ambiente.

Feedback del sistema

Con il passare del tempo le termiti tendono a formare un solo magazzino, facendo convergere i magazzini più piccoli.

Se cariche di cibo all'interno di un raggruppamento, le termiti vagheranno fino al raggiungimento del bordo e rilasceranno lì il cibo. Così più grande è il raggruppamento, più facile sarà trovarsi al suo interno.

Nel sistema si possono notare quindi due principali feedback:

- **Positivo:** Più grande è un magazzino, più una termite avrà probabilità di capitarci sopra ed appoggiare lì il proprio cibo, portandolo a ingrandirsi nel tempo.
- **Negativo:** Se un magazzino è più piccolo rispetto ad un'altro già presente nell'ambiente è meno probabile (relativamente) che una termite depositi lì il proprio cibo, portandolo quindi a rimpicciolirsi nel tempo.

Esperimenti

Per realizzare gli esperimenti con più consistenza è stato sviluppato un algoritmo di conteggio per i gruppi di cibo, sono contati solamente i gruppi connessi con più di 16 elementi. Il limite minimo di cibo è stato scelto arbitrariamente ma sembra portare a delle scelte condivise dai creatori del gruppo. Per non rallentare i test viene eseguito una volta ogni 20 ticks (si può cambiare modificando il parametro "group_count_precision").

I valori degli esperimenti, se non specificato diversamente, sono:

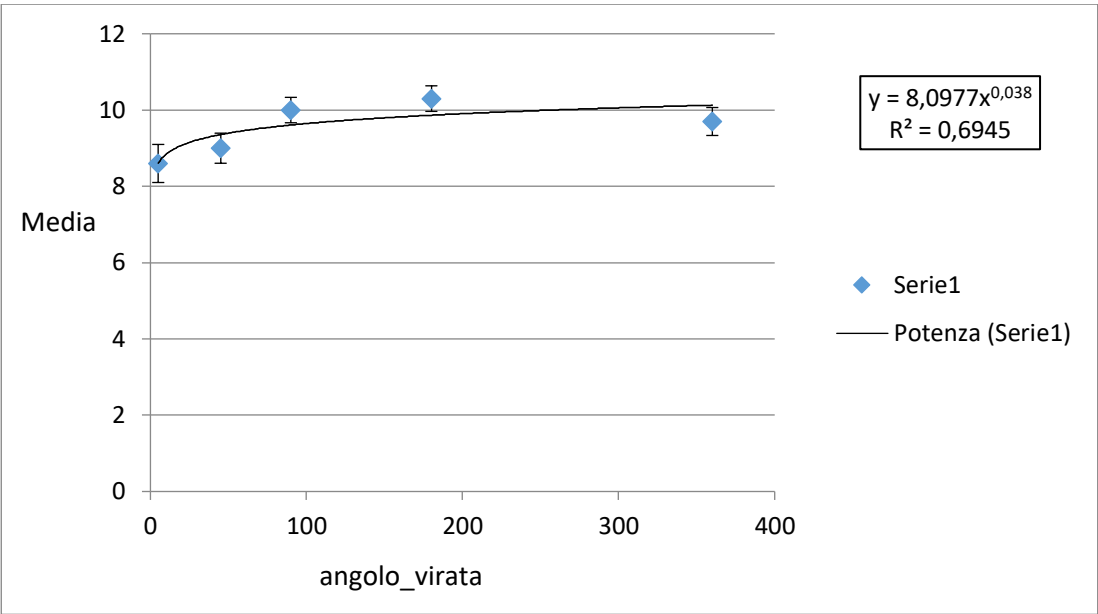
- numero_termiti: 100
- densita: 20
- rg_inerzia: 20
- rg_libera: 20
- angolo_virata: 20

Gli esperimenti seguenti servono a misurare il numero di magazzini organizzati dalle termiti al variare di diversi parametri dopo 1000 passi, da qui si potrà quindi vedere quali parametri influenzano il funzionamento degli agenti.

Il primo parametro che proveremo a variare è l'angolo di virata, cioè l'angolo massimo di rotazione degli agenti ad ogni passo. L'ipotesi è che l'aumentare di questo parametro potesse aggiungere casualità al sistema, aumentando leggermente la sua efficienza, ma gli esperimenti contraddicono

quest'idea. Possiamo vedere che il parametro ha poca influenza sul funzionamento del sistema e sembra anzi portare a migliori risultati avendo una virata minore.

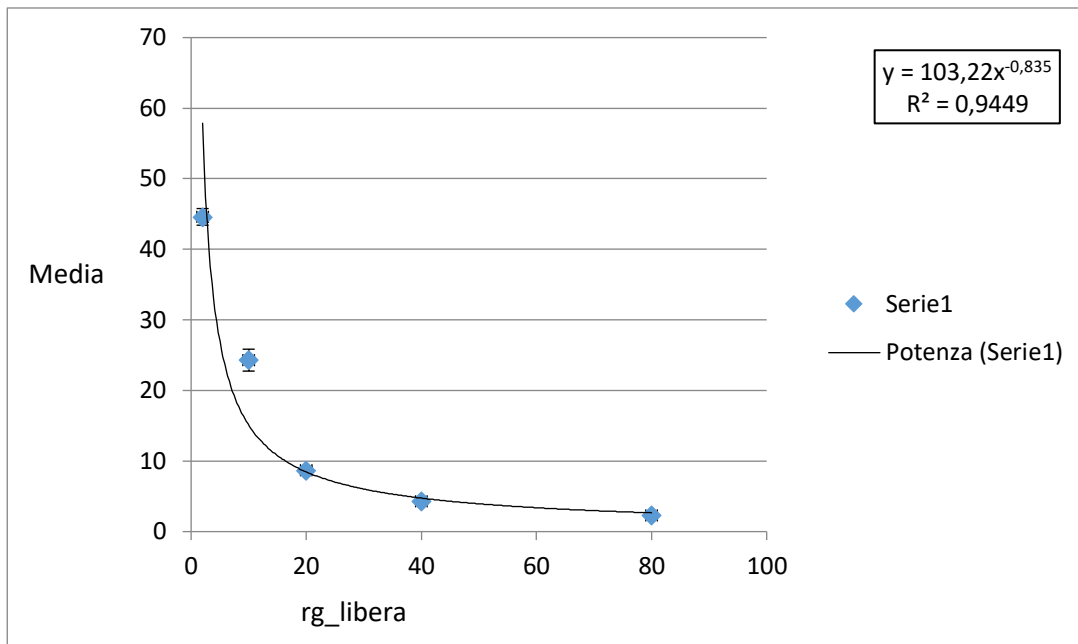
Angolo virata	nMagazzino1	nMagazzino2	nMagazzino3	nMagazzino4	nMagazzino5	nMagazzino6	nMagazzino7	nMagazzino8	nMagazzino9	nMagazzino10	Media	Deviazione Standard	Deviazione Standard media
5	7	11	9	6	9	9	8	8	11	8	8,6	1,577621275	0,498887652
45	8	10	11	8	8	9	8	11	9	8	9	1,247219129	0,394405319
90	10	11	10	10	9	8	10	10	12	10	10	1,054092553	0,333333333
180	10	10	11	11	11	8	11	11	9	11	10,3	1,059349905	0,334995854
360	10	10	10	9	10	9	7	11	10	11	9,7	1,159501809	0,366666667



Nel prossimo esperimento si varia il parametro `rg_libera`, la distanza percorsa dalle formiche una volta rilasciato il loro cibo, tenendo gli altri parametri fissi. Si è ipotizzato che questo parametro sia molto influente dato che aumenta la probabilità di un agente di trovare cibo in maniera “randomica” sulla superficie, infatti nel caso che il parametro sia basso la termite che deposita il cibo ha più probabilità di tornare sullo stesso gruppo e prendere il prossimo cibo da lì.

Questa nostra ipotesi è stata verificata perfettamente dai dati, si può vedere come il parametro influenzi notevolmente il sistema e sembra strettamente correlato con la velocità di organizzazione delle termiti.

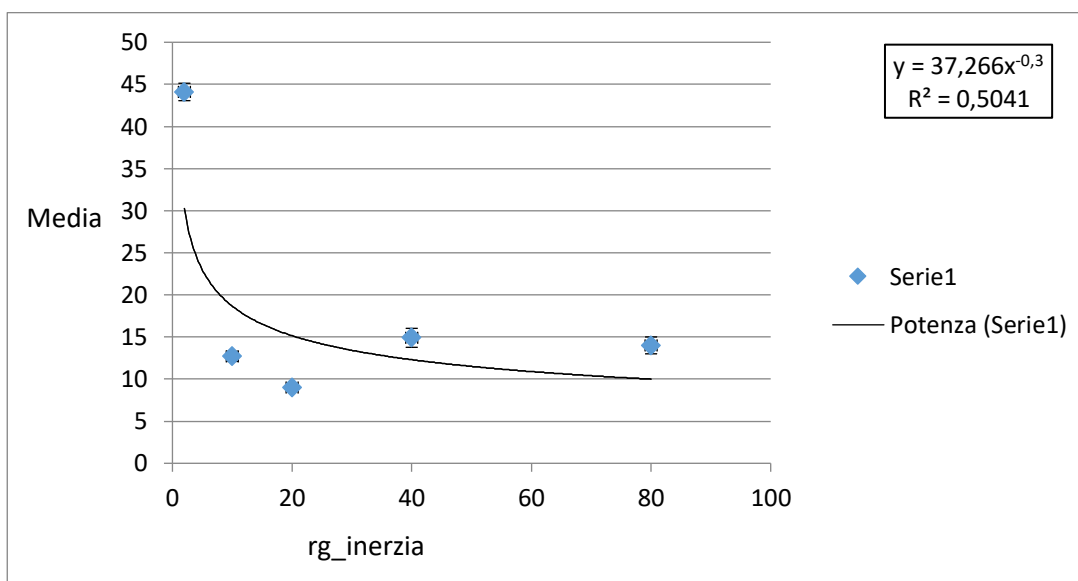
rg_libera	nMagazzino1	nMagazzino2	nMagazzino3	nMagazzino4	nMagazzino5	nMagazzino6	nMagazzino7	nMagazzino8	nMagazzino9	nMagazzino10	Media	Deviazione Standard	Deviazione Standard media
2	47	49	48	44	47	41	42	49	38	41	44,6	3,720215048	1,176435294
10	30	25	17	24	22	23	35	20	26	21	24,3	4,9	1,549516053
20	6	9	9	10	10	6	8	9	10	10	8,7	1,486606875	0,470106371
40	4	4	4	5	5	4	5	5	4	3	4,3	0,640312424	0,202484567
80	2	4	2	2	3	1	2	3	2	2	2,3	0,781024968	0,246981781



L'ultimo parametro di cui discuteremo è rg_inerzia, la distanza percorsa dalle formiche una volta preso il cibo. Aumentando o diminuendo questo valore diventa più difficile la tendenza a un unico grande magazzino, perché la formica sparpaglierà troppo o troppo poco il cibo nell'ambiente (avendo un movimento assoluto con il cibo più piccolo).

Questo si può evincere dal grafico risultante, dove il suo picco di utilità sembra essere intorno a 20, oltre il quale il sistema sembra peggiorare.

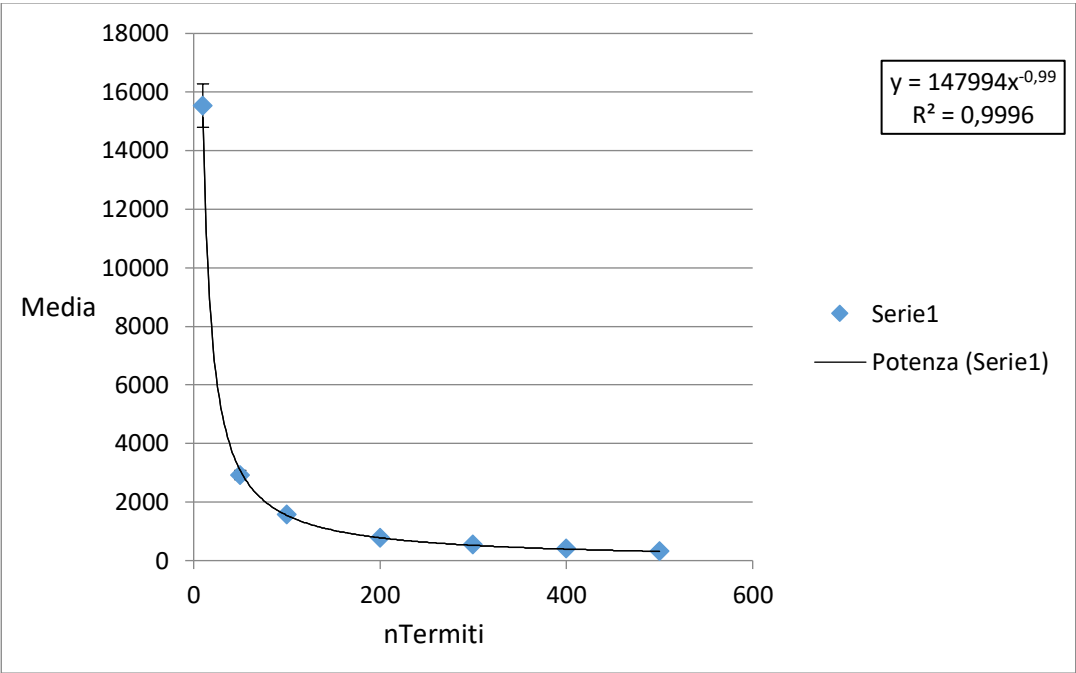
rg_inerzia	nMagazzino1	nMagazzino2	nMagazzino3	nMagazzino4	nMagazzino5	nMagazzino6	nMagazzino7	nMagazzino8	nMagazzino9	nMagazzino10	Media	Deviazione Standard	Deviazione Standard media
2	47	43	49	38	44	43	40	43	47	47	44,1	3,269556545	1,033924562
10	13	11	13	12	11	14	12	14	17	10	12,7	1,9	0,600832755
20	12	10	8	7	7	10	9	9	8	10	9	1,483239697	0,469041576
40	12	11	14	17	20	15	11	11	21	17	14,9	3,562302626	1,126499001
80	19	19	15	14	16	14	11	12	10	10	14	3,16227766	1



L'ultimo esperimento misura il numero di passi impiegato dal sistema per arrivare a 6 magazzini (contati usando l'algoritmo precedentemente descritto). Dato che non esiste nessuna forma di coordinamento tra le termiti si può supporre che il lavoro compiuto da ognuna di esse non dipenda dal numero di termiti nel sistema.

L'equazione che seguirebbe è quindi $\text{passi} = \text{lavoro} / n\text{Termiti}$, e i dati sembrano supportare questa tesi, si può difatti notare una relazione inversa tra il numero delle termiti e i passi richiesti.

nTermiti	Passi1	Passi2	Passi3	Passi4	Passi5	Passi6	Passi7	Passi8	Passi9	Passi10	Media	Deviazione Standard	Deviazione Standard media
10	15800	17140	18560	16600	12160	15880	12380	14100	18760	13980	15536	2339,815757	739,9147098
50	2800	2540	3080	3580	3220	3360	2180	2200	3400	2860	2922	494,813096	156,47364
100	1680	1380	1120	1660	1400	1860	1920	1600	1360	1600	1558	244,6675749	77,37068064
200	650	650	780	740	1000	520	800	830	740	910	762	137,2588795	43,40506883
300	650	360	500	570	700	470	670	490	440	510	536	109,3617849	34,58323293
400	510	280	160	460	430	490	430	390	450	390	399	105,5619881	33,38163168
500	300	250	310	220	300	290	370	370	380	320	311	52,16427045	16,49579071



2) Ant-Foraging

Il nido e le termiti rilasciano un proprio odore, il modello diventa quindi un “Formicaio” e gli agenti si chiamano ora “formiche”. Le varie formiche sono in grado di scambiarsi informazioni tramite l’ambiente, questo rende l’esperimento un sistema collettivo, in cui il lavoro svolto collettivamente è maggiore della semplice somma del lavoro singolo come nell’esempio precedente delle termiti, possiamo aspettarci quindi una crescita maggiore di quella lineare rispetto al numero di formiche.

Ambiente

L’ambiente è formato da un nido e tre fonti di cibo.

Il nido (colorato di viola), rappresenta il punto da cui le formiche partono e in cui dovranno tornare con il cibo una volta raccolto.

Il nido è anche una fonte odorosa. Questo odore viene diffuso nell’ambiente per far sì che le formiche, che si spostano per cercare cibo, possano ritornare indietro.

Per tornare al nido, le formiche, cercano di orientarsi verso la direzione in cui l’odore è più intenso. Ogni 70 passi viene rigenerata una fonte di cibo, un ciclo completo quindi è di 210 passi.

Formiche (Agenti)

Le formiche, essendo gli unici agenti nell’ambiente, presentano dei sensori che possono sentire l’odore nelle patch di fronte o di lato (angolo di $\pm 45^\circ$).

Se esse originariamente non trasportano niente, cercheranno del cibo e si orienteranno con il ferormone rilasciato da un loro simile.

Nel caso il ferormone non sia presente, le formiche procederanno e vagheranno casualmente.

Quando l’agente trova del cibo, si gira di 180° , diventa gialla e torna al nido.

Per tornare al nido la formica si orienta percependo l’odore rilasciato dal nido; intanto rilascia a sua volta il ferormone. Arrivata poi al nido, deposita il cibo, diventa rossa, si gira e torna alla ricerca di altro cibo.

Le formiche si muovono in modo pseudocasuale, quindi vagano nell’ambiente, si girano di una certa angolazione ed avanzano.

Dinamica del sistema

Le formiche partono dal nido in cerca di cibo e, una volta trovato, lo riportano al nido.

Feedback del sistema

Le formiche usano la stigmergia per comunicare tra di loro la strada migliore verso il cibo.

Quindi usano il ferormone rilasciato nell’ambiente dalle altre formiche per arrivare al cibo.

Il ferormone con il passare del tempo evapora, questo permette alle formiche di non seguire più una traccia verso una fonte terminata di cibo o un percorso troppo lungo.

Questo penalizza i percorsi lunghi e favorisce quelli corti.

Esperimenti

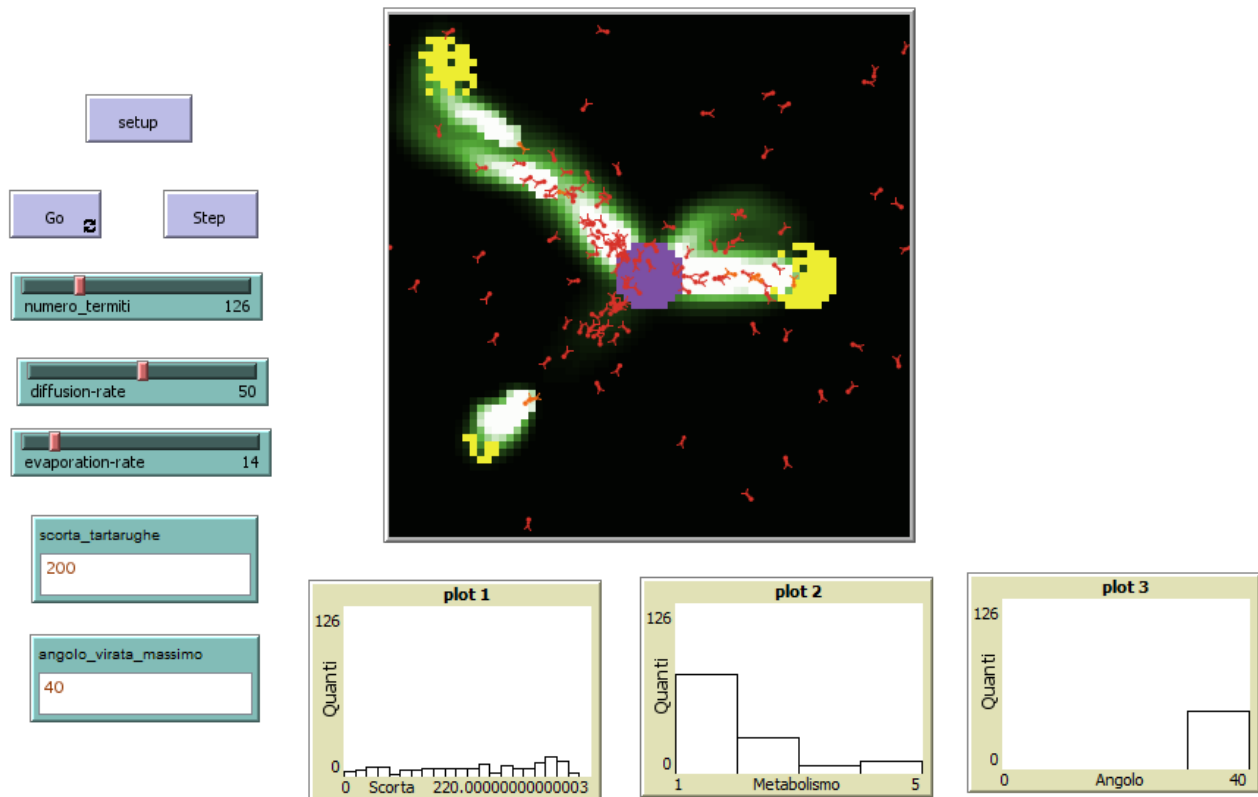
Principalmente le formiche vagano casualmente fino a quando non trovano la prima fonte di cibo (di solito viene preferita la più vicina).

A questo punto le formiche seguiranno il percorso individuato, rinforzando la traccia olfattiva.

Finita la fonte di cibo la traccia evapora con il tempo e le formiche vagheranno alla ricerca di un’altra fonte.

Si può notare come in ogni momento ci siano comunque molte formiche che deviano dalla traccia del feromone, cercando strade o fonti di cibo alternative.

A 3000 ticks:



3) Ant-Selection

Ogni formica ha proprie capacità (quantificate e memorizzate in variabili apposite) ed un metabolismo (quantità di risorse che viene consumata ad ogni mossa).

Le formiche che tornano al nido portano del cibo e vengono poi ricaricate, quelle con risorse basse (minori di zero nelle unità del programma) vengono sostituite da altre create randomicamente (inizializzando le variabili della formica al valore iniziale – ricordandosi di cambiare i valori delle variabili inizializzate casualmente).

L'effetto finale consiste nella scomparsa delle formiche meno adatte ai propri compiti.

Ambiente

L'ambiente è uguale al precedente.

Formiche (Agenti)

Alle formiche sono stati aggiunti tre attributi: velocità, metabolismo, propria scorta di cibo.

Ad ogni passo le formiche sottraggono dalla propria scorta delle unità di cibo una somma pari al proprio metabolismo, dopodiché si muovono di un numero di patch indicato dalla propria velocità.

Dinamica del sistema

Come detto precedentemente, ogni formica ha la propria scorta, la quale, se finisce porta alla morte di questa e alla generazione di una nuova con parametri casuali.

Se la formica porta del cibo al nido, la propria scorta viene rigenerata.

Feedback del sistema

Una volta morte le formiche vengono generate casualmente. L'ambiente esercita una pressione selettiva grazie alla quale vengono favoriti certi valori dei parametri rispetto ad altri.

Le formiche tenderanno ad avere un metabolismo più basso e una velocità maggiore dato che gli individui con queste caratteristiche tendono a morire in numero minore.

Esperimenti

Viene mostrata l'evoluzione del sistema: si può notare come le formiche tenderanno ad avere un metabolismo più basso (quindi più efficace) e una velocità più alta.

La distribuzione del metabolismo è più stabile; la maggior parte delle formiche tende ad avere un metabolismo pari a 1.

La velocità, anche se in misura minore, tende a valori più alti. La distribuzione rimane comunque meno stabile.

L'angolo invece non ha una distribuzione stabile.

A 3000 ticks:

4) Ant-Evolution

Le formiche che hanno abbastanza cibo e abbastanza risorse possono cercare nei dintorni altre formiche e riprodursi creandone un'altra, la quale avrà metabolismo e velocità ereditate in maniera casuale da uno dei due genitori.

Il processo è dispendioso, infatti la formica perde parte delle proprie risorse, pari a 1/10 delle iniziali.

Ambiente

L'ambiente è il medesimo del precedente.

Formiche (Agenti)

Le formiche possono riprodursi con altre formiche vicine, se hanno sufficiente scorta di cibo. Viene introdotto un nuovo parametro soglia "sgl_scorta".

Dinamica del sistema

Una formica che sta trasportando cibo e ne ha una scorta sufficiente, cerca intorno alla sua patch un'altra formica in grado di riprodursi. Così facendo, viene prodotta una nuova formica con caratteristiche in parte di un genitore e in parte dell'altro, inoltre l'angolo viene leggermente "mutato" per un 5% del suo valore.

La riproduzione ha un costo in termini di energia, viene quindi diminuito di un decimo la scorta della formica che si sta riproducendo.

Feedback del sistema

Le formiche con il passare del tempo evolvono e tendono a prevalere all'interno della propria specie valori bassi di metabolismo e valori alti di velocità.

La convergenza è molto veloce e in poco tempo, all'interno della specie, scompariranno gli individui con caratteristiche ostili all'ambiente.

Si può notare che la popolazione tenderà ad oscillare in base alla vicinanza tra le formiche che cercano cibo nell'ambiente.

Esperimenti

Come si è detto in precedenza è molto stabile la distribuzione del metabolismo e della velocità.

In poco tempo all'interno della popolazione ci sarà una maggioranza quasi totale di individui con metabolismo pari a 1 e velocità pari a 2.

L'angolo di virata cambia molto da lancio a lancio, ma tende a concentrarsi tra i 12 e i 30 gradi.

La popolazione, con la mancanza periodica di cibo, tende a oscillare tra i 90 e i 240 individui, togliendo gli eventuali picchi momentanei.

A 3000 ticks:

