

Complex Systems and Network Science

Progetto

Nome e cognome: Keran Jegasothy

Università di Bologna
Corso di Laurea Magistrale in Informatica
Anno Accademico 2021/2022

Abstract. La sopravvivenza degli animali marini dipende da diversi fattori. Sono stati sviluppati due modelli per determinare la sopravvivenza di questi animali.

Nel primo modello, la sopravvivenza è determinata esclusivamente dal fatto che l'animale marino non venga mangiato da altri animali marini. Mentre nel secondo modello è presente un'ulteriore condizione per la sopravvivenza rispetto al primo modello. La nuova condizione riguarda l'alimentazione degli animali marini, quindi per sopravvivere devono trovare un animale o vegetale che rientri nella loro dieta naturale.



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

1 Introduzione

La maggior parte della superficie del pianeta è composta d'acqua marina, per questo motivo gli oceani ospitano una grande quantità di animali. Questi animali possono essere suddivisi in:

- pesci
- mammiferi marini
- molluschi
- echinodermi
- anellidi
- celenterati
- crostacei

Sono stati sviluppati 2 modelli per studiare la sopravvivenza delle varie specie marine:

- Nel primo modello, la sopravvivenza di un animale è determinata esclusivamente dal fatto che questo non venga mangiato da altri animali marini.
- Nel secondo modello è stata aggiunta una nuova condizione per la sopravvivenza rispetto al primo modello. La nuova condizione riguarda l'alimentazione degli animali marini, quindi per sopravvivere l'animale marino deve trovare un animale o vegetale che rientri nella sua dieta naturale

2 Animali marini

In questo capitolo sono riportate le caratteristiche degli animali marini che copriranno il ruolo di agenti (*agents*) nel modello.

2.1 Pesci

Con il termine pesci, si intende un gruppo eterogeneo di organismi vertebrati fondamentalmente acquatici, coperti di scaglie e dotati di pinne, che respirano attraverso le branchie. Con oltre 32 000 specie per ora conosciute, coprono quasi il 50% del totale delle specie del subphylum vertebrata. I pesci possono essere suddivisi in 3 categorie:

- pesci carnivori
- pesci erbivori
- pesci onnivori

Pesci carnivori : I pesci carnivori si nutrono di altri pesci e animali acquatici come vermi, crostacei, molluschi e zooplancton. I pesci che rientrano in questa categoria hanno una bocca grande con denti aguzzi che permettono di lacerare la carne delle prede.

Esempi di pesci carnivori: squalo bianco, grande barracuda.



Fig. 1. Esemplare di squalo bianco

Pesci erbivori : I pesci erbivori si nutrono di vegetali, sia di piante dei fondali che di alghe, a seconda della profondità in cui vivono e del loro stile di vita. L'alimentazione erbivora è ricca di fibre, che sono difficili da digerire e per questo motivo i pesci che appartengono a tale categoria hanno un tratto digestivo più lungo.

Esempi di pesci erbivori: pesce pappagallo, pesce chirurgo.



Fig. 2. Esemplare di pesce pappagallo

Pesci onnivori : I pesci onnivori si adattano alla disponibilità di cibo e si nutrono sia di vegetali che di altri pesci e animali acquatici come crostacei,

molluschi e zooplancton.

Esempi di pesci onnivori: piranha rosso, carpa comune.



Fig. 3. Esemplare di carpa comune

2.2 Mammiferi marini

I mammiferi marini sono specie di mammiferi adattati alla vita acquatica nel corso dell'evoluzione.

Si sono evoluti dai loro antenati terrestri e hanno sviluppato caratteristiche mirate alla vita marina, quali una forma del corpo idrodinamica, appendici modificate in pinne e molte soluzioni per la regolazione della temperatura corporea. I mammiferi acquatici possono essere suddivisi in due categorie:

- cetacei
- sirenii

Mammiferi acquatici - cetacei : I cetacei sono mammiferi marini caratterizzati da un corpo affusolato, il quale consente loro di spostarsi con maggior facilità in acqua. Gli arti anteriori, con l'evoluzione, si sono modificati in pinne proprio come quelle dei pesci e il manto è quasi sempre privo di pelo, ricoperto da uno strato di grasso piuttosto spesso che permette a questi mammiferi di raggiungere un ottimo isolamento termico.

Esempi di cetacei: balena, delfino.



Fig. 4. Esemplare di delfino

Mammiferi acquatici - sirenii : I sirenii sono mammiferi marini erbivori, che vivono generalmente nelle zone costiere o nelle acque dolci tropicali. Vivono in acque poco profonde e questo li difende dai maggiori predatori degli oceani. Esempi di sirenii: dugongo, lamantino.



Fig. 5. Esemplare di lamantino

2.3 Molluschi

I Molluschi sono animali invertebrati caratterizzati da corpo molle non segmentato e spesso dotati di una conchiglia (di natura calcarea) con funzioni protettive. Alcuni molluschi hanno una sorta di lingua provvista di denti, chiamata radula, adatta a grattare e tagliare le piante di cui si nutrono. Una radula può avere fino a 250000 denti. Altri molluschi sono filtratori, e si alimentano di organismi microscopici sospesi nell'acqua,
Esempi di molluschi: capasanta, lumachino.



Fig. 6. Esemplare di lumachino di mare

2.4 Echinodermi

Gli echinodermi sono una classe di invertebrati caratterizzata da uno scheletro formato da placche calcaree spinose. Il nome echinodermata infatti significa “pelle spinosa”. Le spine servono anche come forma di difesa per questi animali. Gli echinodermi sono dotati di un sistema acquifero con una serie di canali per la circolazione dell’acqua, questo sistema svolge altre funzioni come: ambulatoria, nutritiva e respiratoria. Gli echinodermi si nutrono sia di piccoli molluschi e pesciolini che di particelle rilasciate dalle alghe.

Esempi di echinodermi: stella marina, riccio di mare.



Fig. 7. Esemplare di stella marina

2.5 Anellidi policheti

Gli anellidi policheti si dividono in due categorie:

- topi di mare: vivono sotto la sabbia del fondale marino, anche se parte del loro corpo spunta in modo da poter respirare e nutrirsi. La loro alimentazione si basa sulla cattura di vermi e molluschi.

- idraulici del mare: generano delle piccole correnti con i tentacoli presenti sulla loro testa, in modo da ingerire piccole particelle alimentari che fluttuano nell’acqua.

Esempi di anellidi policheti: eisonidi, alitta succinea



Fig. 8. Esemplare di medusa

2.6 Celenterati

I celenterati sono animali invertebrati ed hanno una struttura molto semplice. Le cellule del loro corpo formano due tipi di tessuto: quello esterno protettivo e quello interno, che si occupa di digerire il cibo. I due tessuti sono separati da uno strato gelatinoso. I celenterati si nutrono di piccoli crostacei, altri invertebrati e pesci.

Esempi di celenterati: meduse, coralli.



Fig. 9. Esemplare di medusa

2.7 Crostacei

I crostacei sono un sottotipo degli artropodi. Quindi hanno zampe formati da segmenti articolati tra loro e uno scheletro esterno, chiamato esoscheletro, in cui

sono racchiusi gli organi. Questi animali non sono grandi predatori, si nutrono prevalentemente di animali già deceduti o moribondi. Inoltre, possono nutrirsi anche di materiale vegetale.

Esempi di crostacei: gambero, granchio.



Fig. 10. Esemplare di granchio azzurro

2.8 Piante marine e alghe

Le piante acquatiche, chiamate anche idrofite, sono piante il cui fabbisogno idrico è massimo e che si sono adattate a vivere sommerse o galleggiando nell'acqua. Mentre, le alghe sono vegetali che vivono soprattutto nell'acqua, ma anche nel terreno e sulle rocce umide. Possono essere unicellulari o pluricellulari. Hanno parti che hanno la forma (ma non la funzione) di radici, fusto e foglie.

Esempi di piante marine: Asparagopsis, Acetabularia



Fig. 11. Esemplare di Asparagopsis

In questo documento nel termine *piante marine*, vengono comprese anche le alghe.

3 Netlogo - obiettivo del modello

Il modello è stato costruito per studiare la sopravvivenza delle varie specie marine. Nel primo modello, se un animale non viene mangiato da altri, allora questo sopravvive. Mentre nel secondo modello, alla condizione del primo modello viene aggiunto il fattore alimentare, ovvero se un animale non trova un animale/ vegetale che rientri nella sua dieta naturale, allora muore.

Inoltre, tutti gli animali marini e vegetali presi in considerazione sono in salute.

4 Netlogo - layout

Il layout dell'interfaccia utente è costituita da:

- 3 pulsanti (setup, go once e go)
- 2 slider (prob-revision e noise)
- 2 input (payoffs e n-of-players-for-each-strategy)
- 1 plot della distribuzione delle strategie
- 1 switch (play-only-with-neighborhood)
- 1 view
- 1 legenda

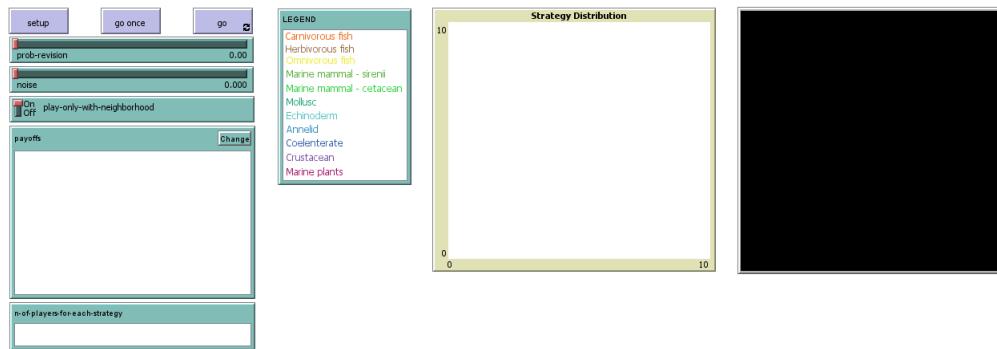


Fig. 12. Layout dell'interfaccia utente

5 Netlogo - prima implementazione

Nella prima implementazione del modello, la sopravvivenza dipende esclusivamente dal fatto che l'animale non venga mangiato.

5.1 Predatori delle varie specie

La seguente tabella mostra i predatori delle varie specie marine prese in considerazione nel modello.

SPECIE	PREDATORI
PESCI CARNIVORI	Pesci carnivori, pesci onnivori, cetacei, molluschi, echinodermi, celenterati
PESCI ERBIVORI	Pesci carnivori, pesci onnivori, cetacei, molluschi, echinodermi, celenterati
PESCI ONNIVORI	Pesci carnivori, pesci onnivori, cetacei, molluschi, echinodermi, celenterati
SIRENII	Pesci carnivori
CETACEI	Pesci carnivori
MOLLUSCHI	Pesci carnivori, pesci onnivori, cetacei, molluschi, echinodermi, anellidi, celenterati
ECHINODERMI	celenterati, echinodermi, celenterati
ANELLIDI	pesci carnivori, pesci onnivori, cetacei, anellidi, celenterati
CELENTERATI	pesci carnivori, pesci onnivori, cetacei, echinodermi, celenterati
CROSTACEI	pesci carnivori, pesci onnivori, cetacei, echinodermi, celenterati
PIANTE MARINE	pesci erbivori, pesci onnivori, sirenii, cetacei, molluschi, echinodermi, anellidi, crostacei

5.2 Previsione

Si ipotizza che gli animali con maggiore possibilità di sopravvivere e che quindi hanno la strategia migliore siano i mammiferi marini, cioè cetacei e serenii. Si ipotizza ciò perché gli unici predatori di questi animali sono i pesci carnivori.

5.3 Matrice di payoff

In seguito è riportata la tabella di payoff.

	PESCI CAR- NIVORI	PESCI ER- BIVORI	PESCI ON- NIVORI	SIRENNI	CETACEI	MOLLU- SCHI	ECHINO- DERMI	ANELLI- DI	CELEN- TERATI	CROSTA- CEI	PIANTE MARINE
PESCI	-1	0	-1	0	-1	-1	-1	0	-1	0	0
CAR- NIVORI	PESCI	-1	0	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0
ER- BIVORI	PESCI	-1	0	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0
ON- NIVORI	PESCI	-1	0	-1	0	-1	-1	0	-1	0	0
SIRENNI	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CETACEI	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MOLLU- SCHI	-1	0	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0
ECHINO- DERMI	0	0	0	-1	0	-1	0	-1	0	0	0
ANELLI- DI	-1	0	-1	0	-1	0	0	-1	-1	0	0
CELEN- TERATI	-1	0	-1	0	-1	0	-1	0	-1	0	0
CROSTA- CEI	-1	0	-1	0	-1	0	-1	0	-1	0	0
PIANTE MARINE	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	0	0

La seguente matrice è analogo alla tabella sopra riportata , ma ha un formato compatibile con il programma Netlogo.

```
[[ -1 0 -1 0 -1 -1 -1 0 -1 0 0]
 [-1 0 -1 0 -1 -1 -1 0 -1 0 0]
 [-1 0 -1 0 -1 -1 -1 0 -1 0 0]
 [-1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0]
 [-1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0]
 [-1 0 -1 0 -1 -1 -1 -1 0 0]
 [0 0 0 0 -1 0 -1 0 -1 0 0]
 [-1 0 -1 0 -1 0 0 -1 -1 0 0]
 [-1 0 -1 0 -1 0 -1 0 -1 0 0]
 [-1 0 -1 0 -1 0 -1 0 -1 0 0]
 [0 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 0 -1 0]]
```

5.4 Risultati

Prima configurazione

In seguito è riportato il numero di agenti utilizzati per ogni strategia e quindi il numero di animale appartenenti a ciascuna specie:

- Pesci carnivori: 9
- Pesci erbivori: 9
- Pesci onnivori: 9
- Sirenii: 9
- Cetacei: 9
- Molluschi: 9
- Echinodermi: 9
- Anellidi: 9
- Celenterati: 9
- Crostacei: 9
- Piante marine: 10

Inoltre, la prob-revision e il noise sono stati rispettivamente impostati a 0,06 e 0,045.

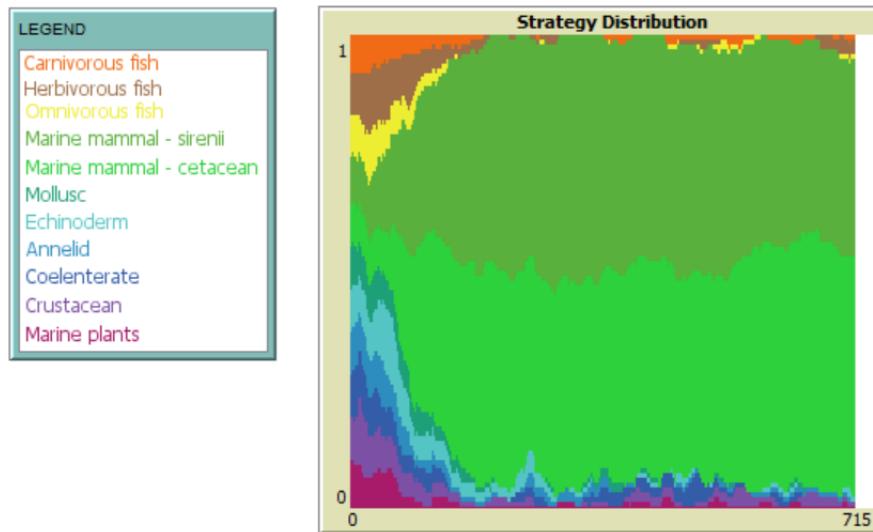


Fig. 13. Primo risultato

L'immagine soprastante conferma la previsione. Quindi la strategia migliore è quella seguita dai mammiferi marini. Come riportato nella sezione 5.2 *Previsione*, hanno maggiore possibilità di sopravvivere perché gli unici predatori dei mammiferi marini sono i pesci carnivori.

Seconda configurazione

In seguito è riportato il numero di agenti utilizzati per ogni strategia e quindi il numero di animale appartenenti a ciascuna specie:

- Pesci carnivori: 7
- Pesci erbivori: 7
- Pesci onnivori: 7
- Sirenii: 2
- Cetacei: 2
- Molluschi: 13
- Echinodermi: 9
- Anellidi: 11
- Celenterati: 10
- Crostacei: 9
- Piante marine: 23

Inoltre, la prob-revisione e il noise sono stati impostati a 0,1.

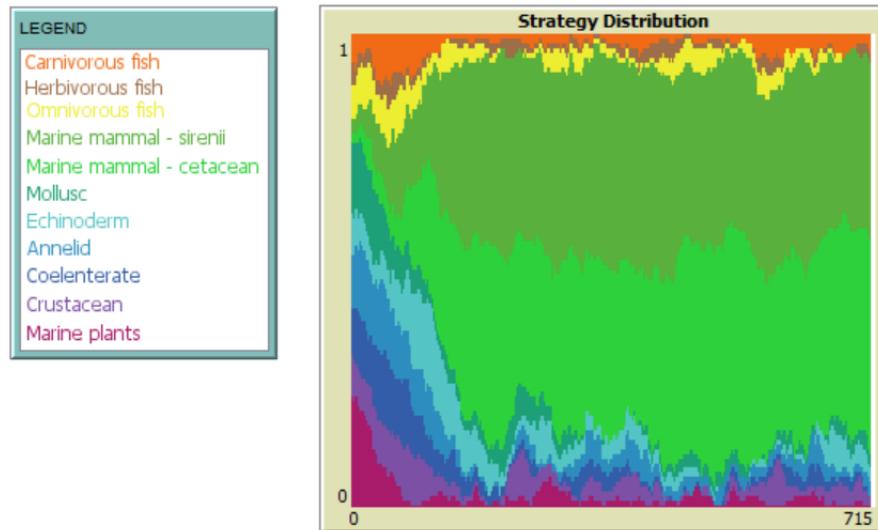


Fig. 14. Secondo risultato

Il risultato ottenuto è il medesimo ottenuto tramite la prima configurazione.

6 Netlogo - seconda implementazione

Il secondo modello è stato ottenuto modificando il primo. In pratica, è stata aggiunta la possibilità di sopravvivere solo in caso in cui l'animale marino trovi un animale o vegetale che rientri nella sua dieta.

6.1 Cosa mangiano le varie specie

La seguente tabella mostra cosa mangiano tutte le specie di animali presi in considerazione nel modello.

SPECIE	CHI PUÒ MANGIARE
PESCI CARNIVORI	Pesci carnivori, pesci erbivori, pesci onnivori, molluschi, celenterati, crostacei
PESCI ERBIVORI	piante marine
PESCI ONNIVORI	Pesci carnivori, pesci erbivori, pesci onnivori, molluschi, celenterati, crostacei, piante marine
SIRENII	piante marine
CETACEI	Pesci carnivori, pesci erbivori, pesci onnivori, sireneii, cetacei, molluschi, echinodermi, anellidi, celenterati, crostacei, piante marine
MOLLUSCHI	Pesci carnivori, pesci erbivori, pesci onnivori, molluschi, piante marine
ECHINODERMI	Pesci carnivori, pesci erbivori, pesci onnivori, molluschi, echinodermi, anellidi, celenterati, crostacei, piante marine
ANELLIDI	Molluschi, anellidi, piante marine
CELENTERATI	Pesci carnivori, pesci erbivori, pesci onnivori, molluschi, echinodermi, anellidi, celenterati, crostacei
CROSTACEI	Molluschi, echinodermi, anellidi, celenterati, piante marine

6.2 Previsione

Si ipotizza che gli animali con maggiore possibilità di sopravvivere e che quindi hanno la strategia migliore siano i cetacei. Si ipotizza ciò perché gli unici predatori di questi animali sono i pesci carnivori, inoltre hanno una dieta naturale che non richiede particolari specie di animali/ vegetali, e quindi si abbassa la probabilità che questi animali muoiano per mancanza di elementi che rientrino nella loro dieta naturale.

6.3 Matrice di payoff

In seguito è riportata la tabella di payoff.

	PESCI CAR- NIVORI	PESCI ER- BIVORI	PESCI ON- NIVORI	SIRENNI	CETACEI	MOLLU- SCHI	ECHINO- DERMI	ANELLI- DI	CELEN- TERATI	CROSTA- CEI	PIANTE MARINE
PESCI	-1	0	-1	0	-1	-1	-1	0	-1	0	-1
CAR- NIVORI											
PESCI	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0
ER- BIVORI											
PESCI	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	0	-1
ON- NIVORI											
SIRENNI	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0
CETACEI	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MOLLU- SCHI	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0
ECHINO- DERMI	0	0	-1	-1	0	-1	0	-1	0	0	0
ANELLI- DI	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	0
CELEN- TERATI	-1	0	-1	-1	0	-1	0	-1	0	0	-1
CROSTA- CEI	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0
PIANTE MARINE	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	0	0

La seguente matrice è analogo alla tabella sopariportata , ma ha un formato compatibile con il programma Netlogo.

```
[[ -1 0 -1 0 -1 -1 -1 0 -1 0 -1 ]
 [ -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 0 ]
 [ -1 0 -1 -1 -1 -1 -1 0 -1 0 -1 ]
 [ -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 0 ]
 [ -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ]
 [ -1 0 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 0 ]
 [ 0 0 0 -1 -1 0 -1 0 -1 0 0 ]
 [ -1 -1 -1 -1 -1 0 -1 -1 -1 -1 0 ]
 [ -1 0 -1 -1 -1 0 -1 0 -1 0 -1 ]
 [ -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 0 ]
 [ 0 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 0 -1 0 ]]
```

6.4 Risultati

Prima configurazione

In seguito è riportato il numero di agenti utilizzati per ogni strategia e quindi il numero di animale appartenenti a ciascuna specie:

- Pesci carnivori: 9
- Pesci erbivori: 9
- Pesci onnivori: 9
- Sirenii: 9
- Cetacei: 9
- Molluschi: 9
- Echinodermi: 9
- Anellidi: 9
- Celenterati: 9
- Crostacei: 9
- Piante marine: 10

Inoltre, la prob-revision e il noise sono stati rispettivamente impostati a 0,06 e 0,045.

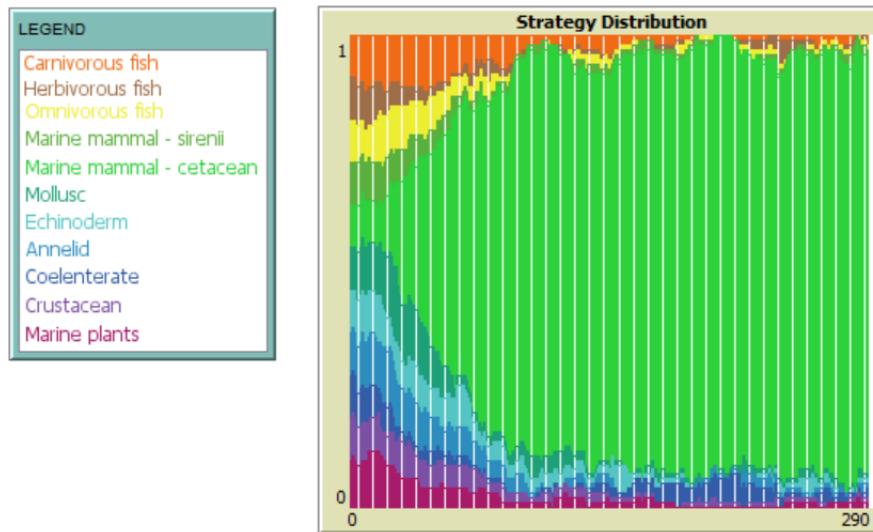


Fig. 15. Terzo risultato

L’immagine soprastante conferma la previsione. Quindi la strategia migliore è quella seguita dai cetacei. Come riportato nella sezione *6.2 Previsione*, hanno maggiore possibilità di sopravvivere perché gli unici predatori dei cetacei sono i pesci carnivori ed inoltre non richiedono una particolare alimentazione, in quanto si nutrono di qualsiasi animale marino e vegetale.

Seconda configurazione

In seguito è riportato il numero di agenti utilizzati per ogni strategia e quindi il numero di animale appartenenti a ciascuna specie:

- Pesci carnivori: 7
- Pesci erbivori: 7
- Pesci onnivori: 7
- Sirenii: 2
- Cetacei: 2
- Molluschi: 13
- Echinodermi: 9
- Anellidi: 11
- Celenterati: 10
- Crostacei: 9
- Piante marine: 23

Inoltre, la prob-revisione e il noise sono stati impostati a 0,1.

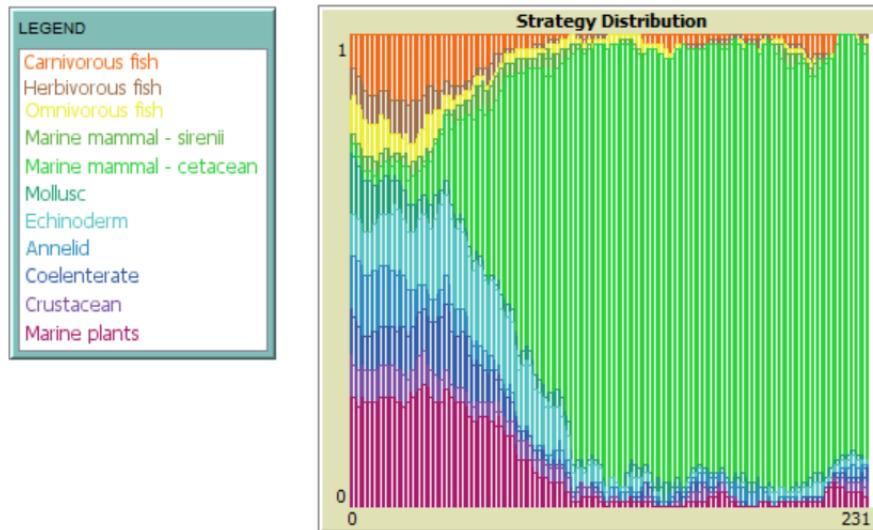


Fig. 16. Quarto risultato

Il risultato ottenuto con la seconda configurazione è il medesimo ottenuto tramite la prima configurazione.

7 Conclusioni

Sono stati sviluppati due modelli per determinare la sopravvivenza delle varie specie di animale marini:

- Nel primo modello, la sopravvivenza di una specie è determinata esclusivamente dal fatto che questa non venga mangiato da altri animali, quindi minori erano i predatori di questo animale e maggiore era la possibilità di sopravvivere.
Secondo questo modello, i mammiferi marini (serenii e cetacei) sono gli animale marina con la migliore strategia, perciò hanno maggiore possibilità di sopravvivere.
- Nel secondo modello è stato aggiunto una nuova condizione per la sopravvivenza rispetto al primo modello. La nuova condizione riguarda l'alimentazione degli animali marini, quindi per sopravvivere l'animale marino deve trovare un animale o vegetale che rientri nella sua dieta naturale.
Secondo questo modello, i cetacei hanno la strategia migliore, perciò hanno maggiore possibilità di sopravvivere.

References

- [1] Wikipedia. *Anelldi*. URL: <https://it.wikipedia.org/wiki/Annelida>.
- [2] Wikipedia. *Celenterati*. URL: <https://it.wikipedia.org/wiki/Cnidaria>.
- [3] Wikipedia. *Crustacei*. URL: <https://it.wikipedia.org/wiki/Crustacea>.
- [4] Wikipedia. *Echinodermi*. URL: <https://it.wikipedia.org/wiki/Echinodermata>.
- [5] Wikipedia. *Hawk-dove*. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Chicken_\(game\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Chicken_(game)).
- [6] Wikipedia. *Mammiferi marini*. URL: https://it.wikipedia.org/wiki/Mammiferi_marini.
- [7] Wikipedia. *Molluschi*. URL: <https://it.wikipedia.org/wiki/Mollusca>.
- [8] Wikipedia. *Pesce*. URL: <https://it.wikipedia.org/wiki/Pesce#Classificazione>.
- [9] Wikipedia. *Piante marine*. URL: https://it.wikipedia.org/wiki/Pianta_acquatica.