

Ewolucyjne Podstawy Altruizmu

perspektywa socjofizyczna

Bartłomiej Gajdzis

10 lipca 2017

Plan prezentacji

- 1 Wstęp
- 2 Podstawy ewolucyjnej teorii gier
- 3 Model termodynamiczny

Teoria Darwina a kooperacja

- Jednostki żyją w warunkach ciągłej konkurencji
- Liczy się maksymalizowanie liczby potomstwa
- Pomoc innym jest nieopłacalna



Jak wprowadzić altruizm do modelu ewolucyjnej biologicznej?

Teoria Darwina a kooperacja

- Jednostki żyją w warunkach ciągłej konkurencji
- Liczy się maksymalizowanie liczby potomstwa
- Pomoc innym jest nieopłacalna



Jak wprowadzić altruizm do modelu ewolucyjnej biologicznej?

Teoria Darwina a kooperacja

- Jednostki żyją w warunkach ciągłej konkurencji
- Liczy się maksymalizowanie liczby potomstwa
- Pomoc innym jest nieopłacalna



Jak wprowadzić altruizm do modelu ewolucyjnej biologicznej?

Teoria Darwina a kooperacja

- Jednostki żyją w warunkach ciągłej konkurencji
- Liczy się maksymalizowanie liczby potomstwa
- Pomoc innym jest nieopłacalna



Jak wprowadzić altruizm do modelu ewolucji biologicznej?

Przykłady altruizmu wśród zwierząt

Badania na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat pokazują, że altruizm jest postawą naturalną nie tylko dla ludzi (w tym nawet niemowląt), ale też dla zwierząt. Od małp bonobo, przez szczury i ptaki, nawet owady - zwierzęta przejawiają zachowania altruistyczne.

Przykłady altruizmu wśród zwierząt



Istotne pojęcia

Teoria Gier

Teoria gier to dział matematyki zajmujący się badaniem optymalnego zachowania w przypadku konfliktu interesów.

Istotne rodzaje gier

- W grach o sumie niezerowej wielkość wygranej jednego z graczy nie jest bezwzględnie równa przegranej drugiego.
- W grach iterowanych, ci sami gracze wielokrotnie powtarzają rozgrywkę według tych samych zasad.

Strategia ewolucyjnie stabilna

Strategia, której od momentu gdy zostanie przyjęta przez większość członków populacji, nie jest w stanie wyprzeć żadna strategia alternatywna. Pojęcie to wprowadził J.M.Smith w 1972 roku

Istotne pojęcia

Teoria Gier

Teoria gier to dział matematyki zajmujący się badaniem optymalnego zachowania w przypadku konfliktu interesów.

Istotne rodzaje gier

- W grach o sumie niezerowej wielkość wygranej jednego z graczy nie jest bezwzględnie równa przegranej drugiego.
- W grach iterowanych, ci sami gracze wielokrotnie powtarzają rozgrywkę według tych samych zasad.

Strategia ewolucyjnie stabilna

Strategia, której od momentu gdy zostanie przyjęta przez większość członków populacji, nie jest w stanie wyprzeć żadna strategia alternatywna. Pojęcie to wprowadził J.M.Smith w 1972 roku

Istotne pojęcia

Teoria Gier

Teoria gier to dział matematyki zajmujący się badaniem optymalnego zachowania w przypadku konfliktu interesów.

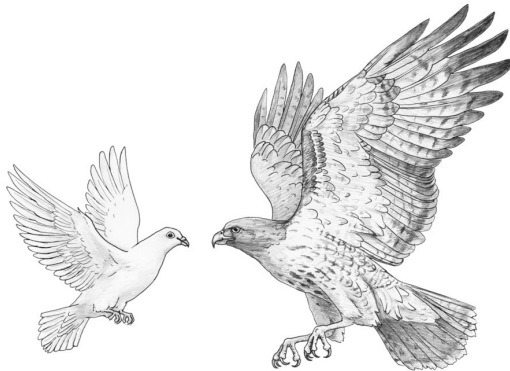
Istotne rodzaje gier

- W grach o sumie niezerowej wielkość wygranej jednego z graczy nie jest bezwzględnie równa przegranej drugiego.
- W grach iterowanych, ci sami gracze wielokrotnie powtarzają rozgrywkę według tych samych zasad.

Strategia ewolucyjnie stabilna

Strategia, której od momentu gdy zostanie przyjęta przez większość członków populacji, nie jest w stanie wyprzeć żadna strategia alternatywna. Pojęcie to wprowadził J.M.Smith w 1972 roku

Jastrzębie i Gołębie



Ewolucja kooperacji

- Dobór krewniaczy
- Dobór grupowy
- Wzajemność bezpośrednia
- Wzajemność pośrednia
- Wzajemność sieciowa

Model Isinga

Opis modelu

Matematyczny model materiałów ferromagnetycznych. Składa się z dyskretnych zmiennych, znajdujących się na sieci i oddziałujących z sąsiadami. Dwuwymiarowy model Isinga to jeden z najprostszych modeli statystycznych, w których występuje przejście fazowe.

- Hamiltonian $H(\sigma) = - \sum_{\langle i,j \rangle} J_{ij} \sigma_i \sigma_j - \mu \sum_j h_j \sigma_j$
- Prawdopodobieństwo konfiguracji $P_\beta(\sigma) = \frac{e^{-\beta H(\sigma)}}{Z_\beta}$

Model Isinga

Opis modelu

Matematyczny model materiałów ferromagnetycznych. Składa się z dyskretnych zmiennych, znajdujących się na sieci i oddziałujących z sąsiadami. Dwuwymiarowy model Isinga to jeden z najprostszych modeli statystycznych, w których występuje przejście fazowe.

- Hamiltonian $H(\sigma) = - \sum_{\langle i,j \rangle} J_{ij} \sigma_i \sigma_j - \mu \sum_j h_j \sigma_j$
- Prawdopodobieństwo konfiguracji $P_\beta(\sigma) = \frac{e^{-\beta H(\sigma)}}{Z_\beta}$

Modyfikacja Modelu Isinga - dylemat więźnia

Modyfikacja dokonana przez C.Adami i A.Hinze dla jednowymiarowego modelu Isinga i gry w Dylemat więźnia:

- Hamiltonian $H(\sigma) = \sum_i \sum_{m,n=0,1}^N E_{mn} P_m^{(i)} \times P_n^{(i+1)}$
- $E_{mn} = \begin{pmatrix} R & S \\ T & P \end{pmatrix}$
- Prawdopodobieństwo konfiguracji bez zmian

Wyniki

Analityczne rozwiązanie zmodyfikowanego modelu potwierdza oczekiwane wyniki, pochodzące z teorii gier - występuje ekwilibrium Nasha.

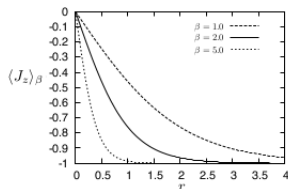


Figure 1: Order parameter $\langle J_z \rangle_\beta$ as a function of the net reward $r = b - c$, for three different temperatures. As opposed to the game in two dimensions [13](#), the phase transition occurs at $r = 0$.

Modyfikacja Modelu Isinga - dobra wspólna

Modyfikacja dla jednowymiarowego modelu Isinga i gry w Dobrą Publiczną:

- $\Pi_C = \begin{pmatrix} r-1 & \frac{2}{3}r-1 \\ \frac{2}{3}r-1 & \frac{1}{3}r-1 \end{pmatrix}$

- $\Pi_C = \begin{pmatrix} \frac{2}{3}r & \frac{1}{3}r \\ \frac{1}{3}r & 0 \end{pmatrix}$

- Prawdopodobieństwo zmiany strategii $p(x \leftarrow y) = \frac{1}{1 + e^{\beta(w_x - w_y)}}$

Modyfikacja Modelu Isinga - dobra wspólne

Modyfikacja dla jednowymiarowego modelu Isinga i gry w Dobrą
Publiczne:

- $\Pi_C = \begin{pmatrix} r-1 & \frac{2}{3}r-1 \\ \frac{2}{3}r-1 & \frac{1}{3}r-1 \end{pmatrix}$

- $\Pi_C = \begin{pmatrix} \frac{2}{3}r & \frac{1}{3}r \\ \frac{1}{3}r & 0 \end{pmatrix}$

- Prawdopodobieństwo zmiany strategii $p(x \leftarrow y) = \frac{1}{1 + e^{\beta(w_x - w_y)}}$

Dla populacji funkcjonującej na tych zasadach, całokształt układu jest zależny jedynie od parametru r . Dla $r > 3$ zachodzi zmiana i dominującą strategią staje się kooperacja, lub ogólniej, kiedy $r = k + 1$ gdzie k to ilość sąsiadów.

Dobra wspólne z karą

Wprowadzając możliwość ukarania niekooperujących graczy, otrzymujemy model znacznie lepiej oddający zachowania zgodne z przedstawionymi wcześniej "przyczynami altruizmu" wynikającymi z ewolucyjnej teorii gier.

Wnioski

- Pierwsze kroki ku połączeniu dwóch dziedzin
- Nowa perspektywa na istotny problem
- Organiczenia - brak rozwiązań analitycznych modelu Isinga z polem, lub dla wyższych wymiarów

Materiały

- Robert Wright - *Nonzero: the logic of Human Destiny*
- Richard Dawkins - *The Selfish Gene*
- Janusz Uchmański - *Gry ewolucyjne*
- Christoph Adami i Arend Hinze - *Thermodynamics of Evolutionary Games*