



# Teoria gier a ewolucja

Paweł Kliber (UEP)

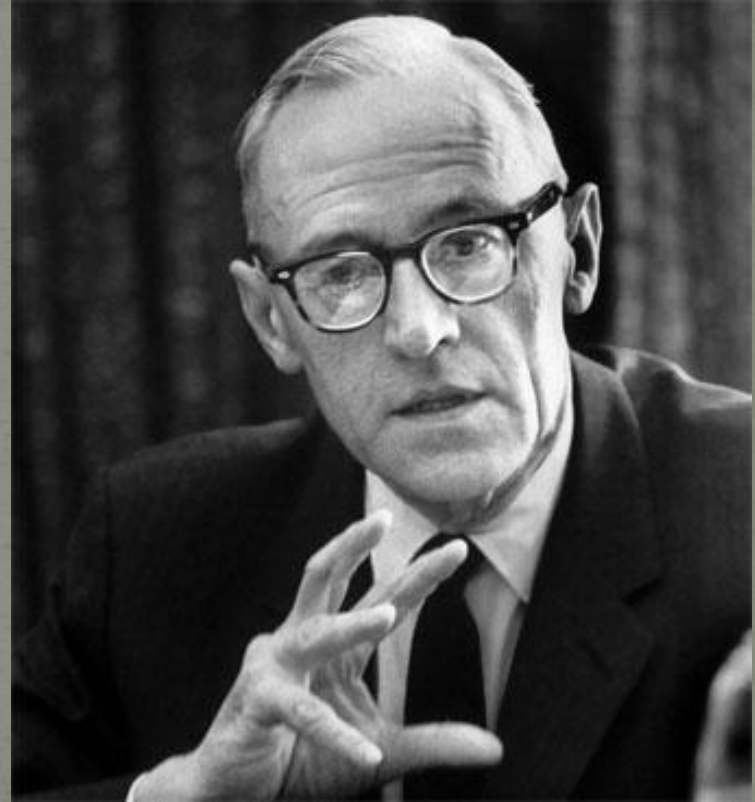
# Plan

1. Teoria gier – co to jest?
2. Dynamika replikatorów
3. Zastosowania ewolucyjne
4. Dynamika interakcji społecznych
5. Symulacje agentów ekonomicznych
6. Kooperacja
7. Synergia – jak ją mierzyć?

*The Theory of Games and Economic Behaviour - 1948*



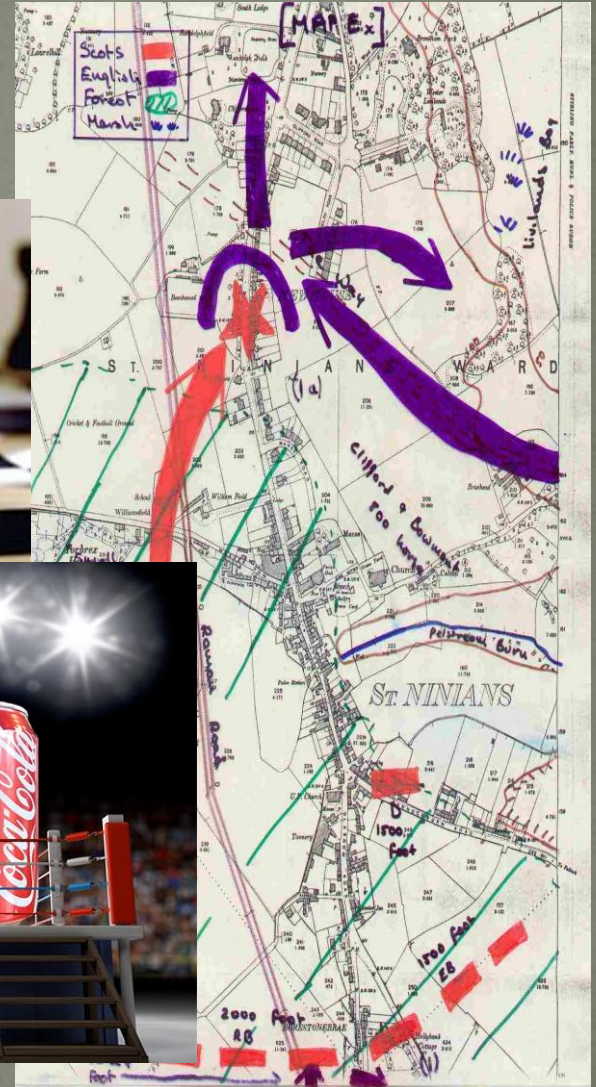
John von Neumann



Oskar Morgenstern



# Interakcja strategiczna





# Dwa zagadnienia



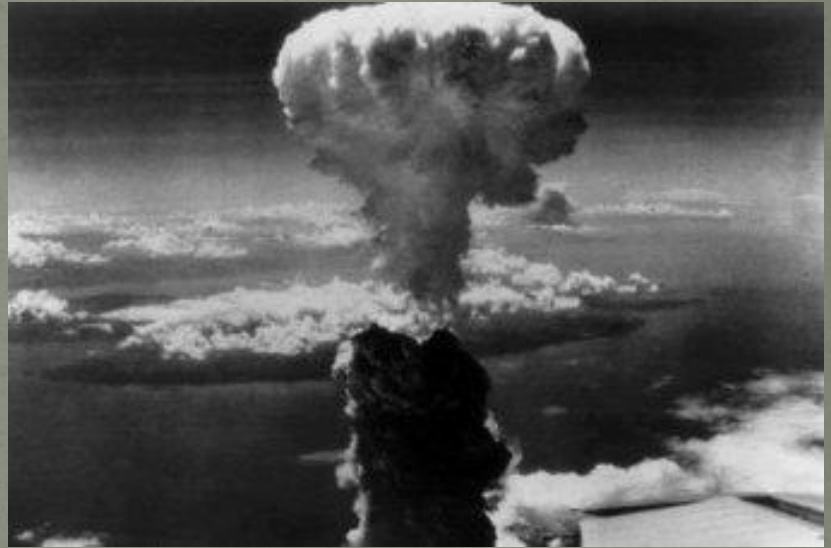
Konkurencja



Współpraca/synergia

# Teoria gier i zimna wojna

Doktryna odstraszania atomowego



Thomas Schelling – autor strategii nuklearnej USA

Nie jest to jednak „równowaga doskonała”

# Teoria gier i zimna wojna

Doktryna odstraszania atomowego



Po zaistnieniu sytuacji kryzysowej odwet nie jest najlepszą odpowiedzią.

Aby odstraszanie działało odwet musi być automatyczny



# Dwie monety



Wygrywa Jan

*Skradziony list*  
Edgar Allan Poe



Wygrywa Adam



# Dwie monety



Adam płaci Janowi 2 zł



Jan płaci Adamowi 1 zł



Jan płaci Adamowi 3 zł

# Wygrane Adama

Jan

Adam

		
	<b>1 zł</b>	<b>-2 zł</b>
	<b>-2 zł</b>	<b>3 zł</b>



# Jak grać?

- Nie należy obierać stałej strategii – przeciwnik ją rozpozna i obróci przeciw nam
- Najlepiej działać losowo
- Można pokazać, że najlepsze dla Adama to wybierać monetę 2zł z prawdopodobieństwem  $5/8$

# Nożyce, papier, kamień

- Kamień tępi nożyce
- Nożyce tną papier
- Papier owija się wokół kamienia



Najlepiej stosować każdą strategię z tym samym prawdopodobieństwem



*Uta stansburiana* (pospolita  
jaszczurka plamoboka)

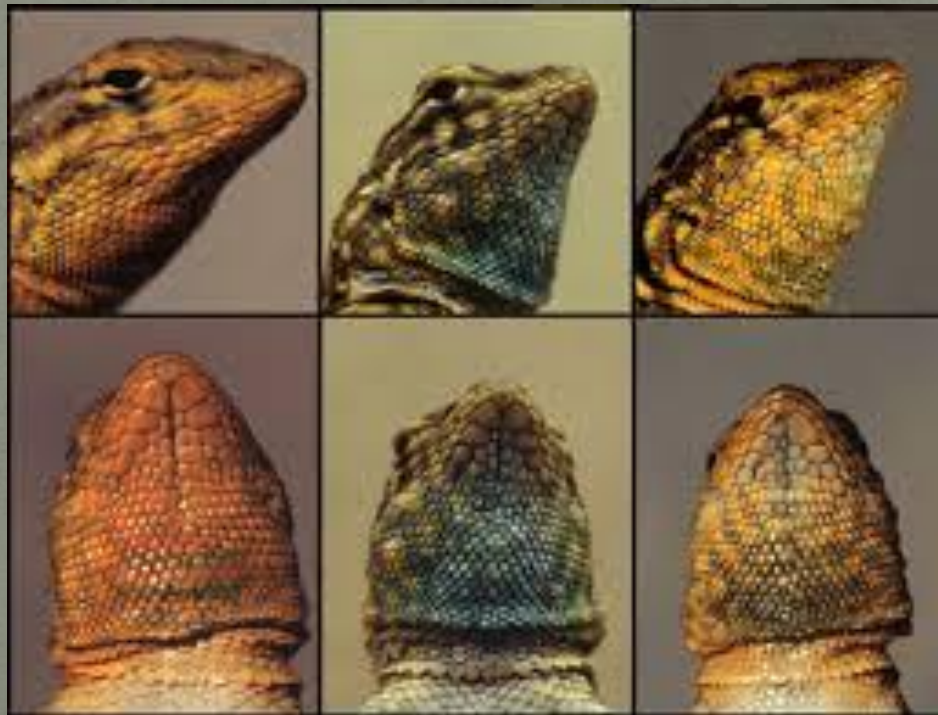


## Trzy formy (u samców)

Podgardle pomarańczowe (P) – "ultradominujące"

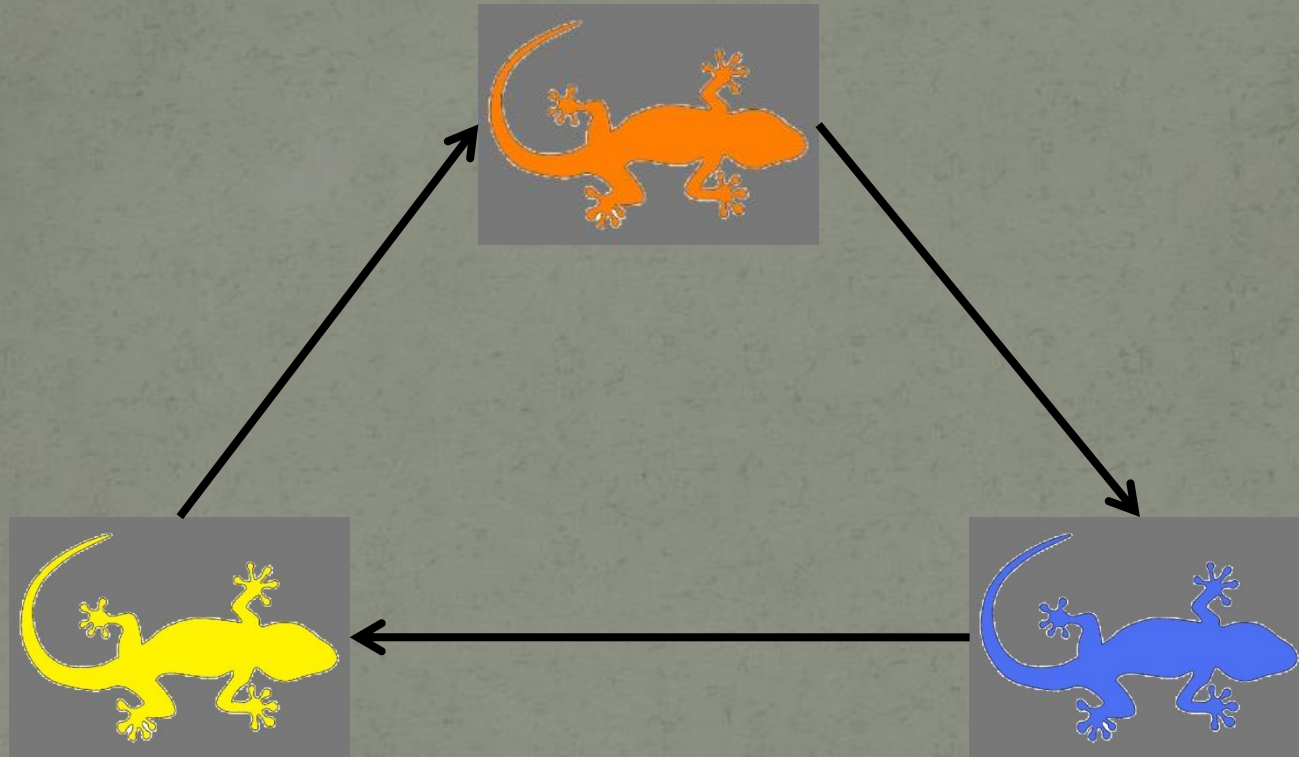
Podgardle niebieskie (N) – z jedną samicą

Podgardle żółte (Z) – przypominają samice



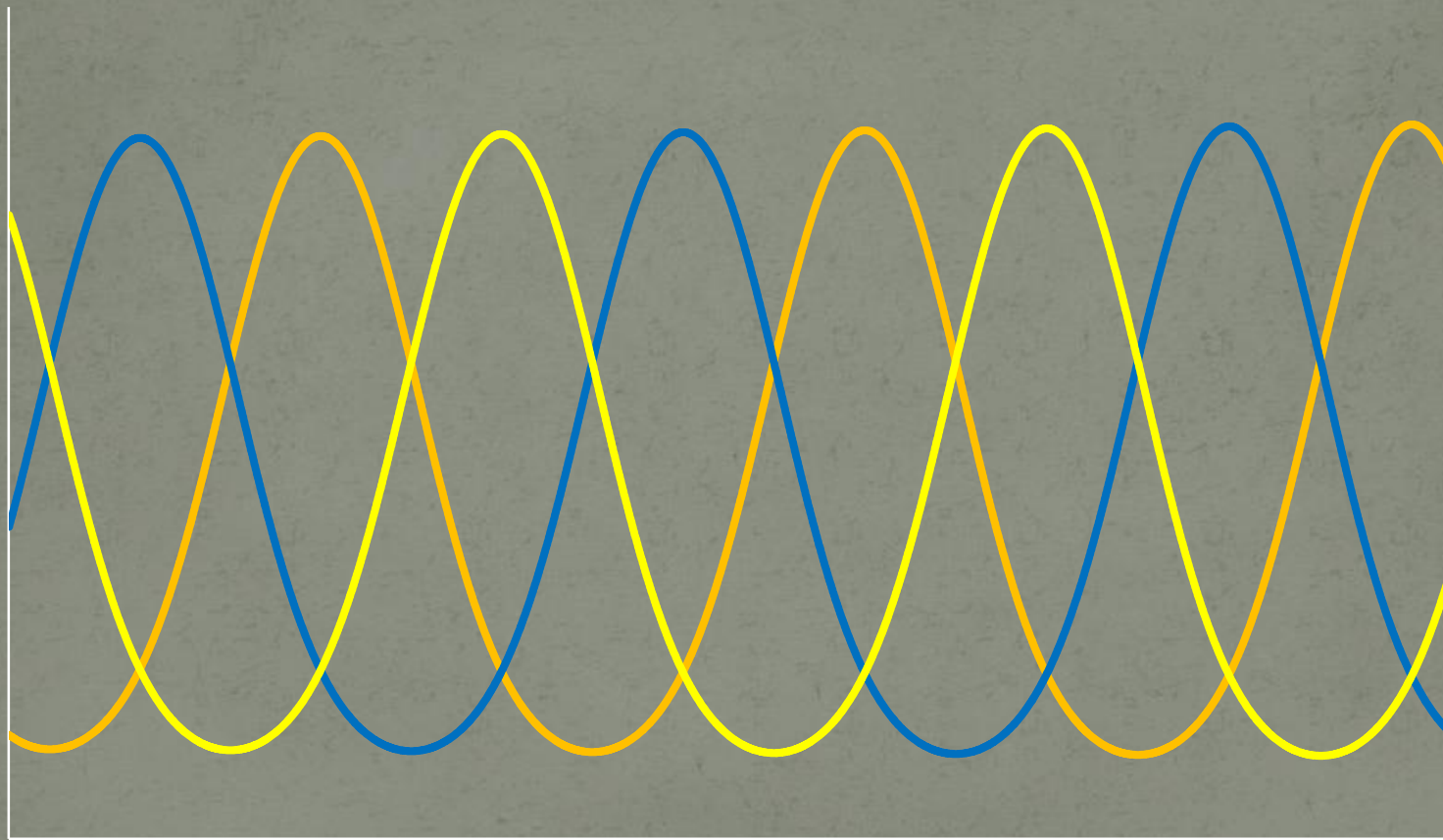


# Nożyce, papier, kamień



B. Sinervo, C.M. Lively , *The rock-paper-scissors game and the evolution of alternative male strategies*, *Nature* **380** (1996)

# Zmiany liczebności typów





# Replikator

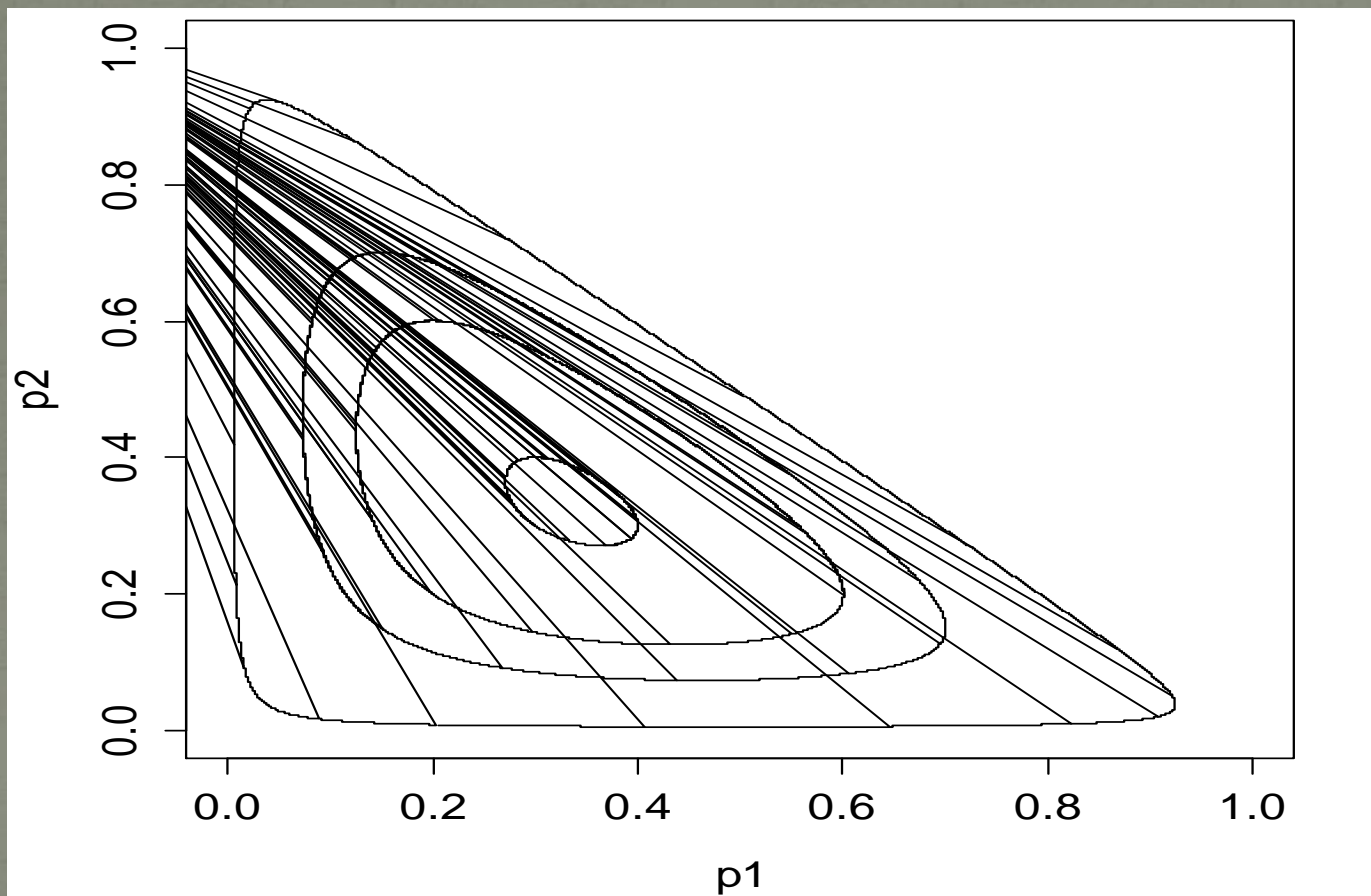
- Centralne pojęcie w ewolucyjnej teorii gier
- Potrafi się namnażać (wykonywać swoje kopie)
- Czasami zmienia strategię
- Mutacje
- Naśladownictwo
- Replikatory wyznaczają środowisko dla innych replikatorów (i dla siebie)

# Dynamika populacji replikatorów

- Dynamikę można opisać dokładnymi równaniami
- Liczą się tylko względne wypłaty (nadwyżka nad średnią/innymi)
- Średnie przystosowanie populacji nie maleje
- W przypadku gier o sumie zerowej dynamika jest cykliczna



# Dynamika populacji jaszczurek

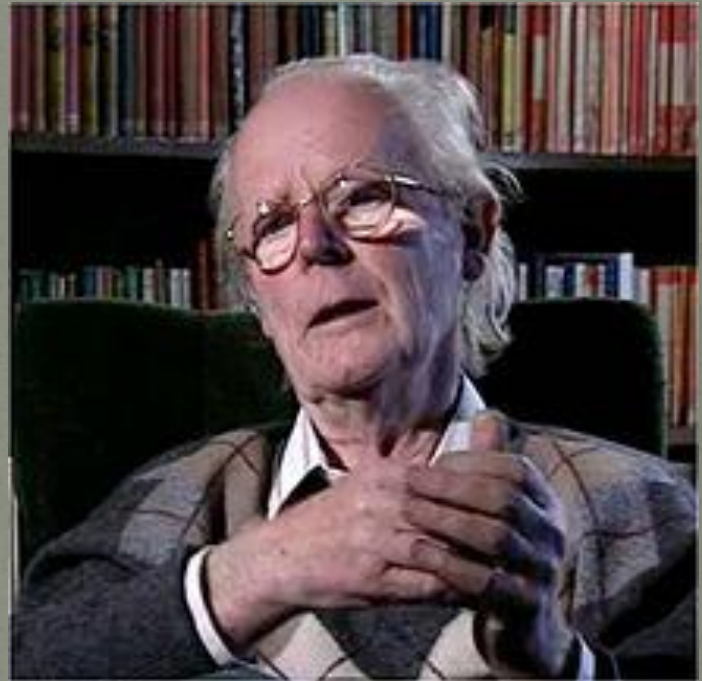


# Pierwsze zastosowania

Stabilność populacji osobników używających różnych strategii

Strategia stabilna ewolucyjnie – pojawiający się „mutanci” nie mają przewagi i są eliminowani

Analiza zachowań agresywnych u zwierząt („jastrzębie i gołębie”)

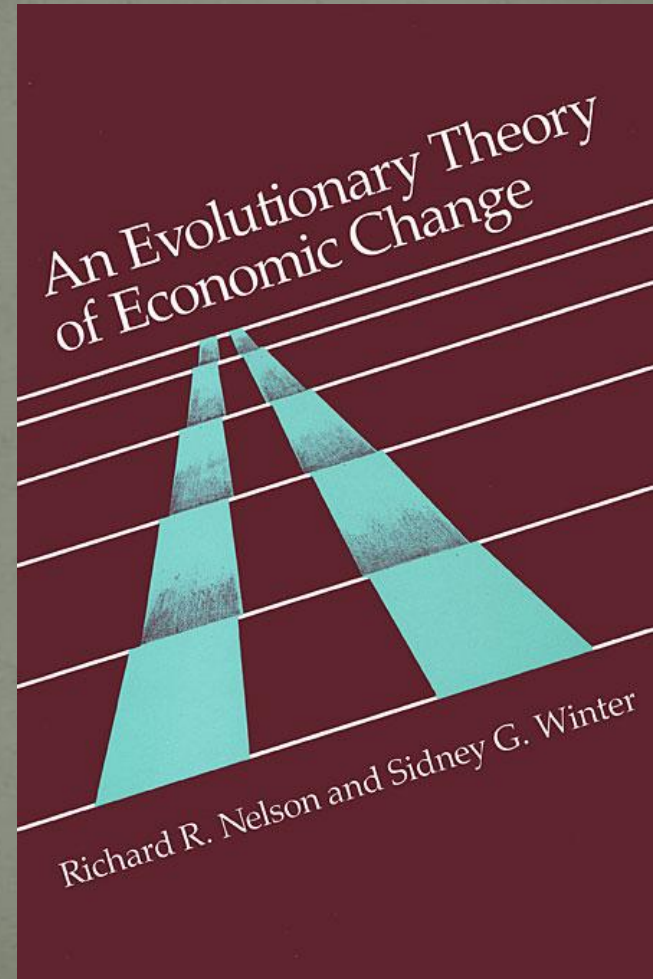


John Maynard Smith



# Kontekst ekonomiczny

- Przedsiębiorstwa jako gracze
- Problem wejścia na rynek
- Wzrost gospodarczy jako mechanizm selekcyjny
- Konkurencja Schumpeterowska



# Interakcje społeczne

- W dynamice replikatorów rozważa się jedną populację
- W rzeczywistości społecznej – interakcje różnych populacji:
  - kupujący/sprzedający
  - producenci/konsumenci
  - przedsiębiorstwa/pracownicy
- Dynamika nie jest „biologiczna” – firmy nie „rozmnażają się” (proces Lemarkowski/proces Darwinowski)
  - naśladownictwo
  - mody/efekty stadne



# Wzajemna wymiana

- Model Diamonda: 2 populacje, pracujący i bezrobotni (nadwyżki produkcji na wymianę)

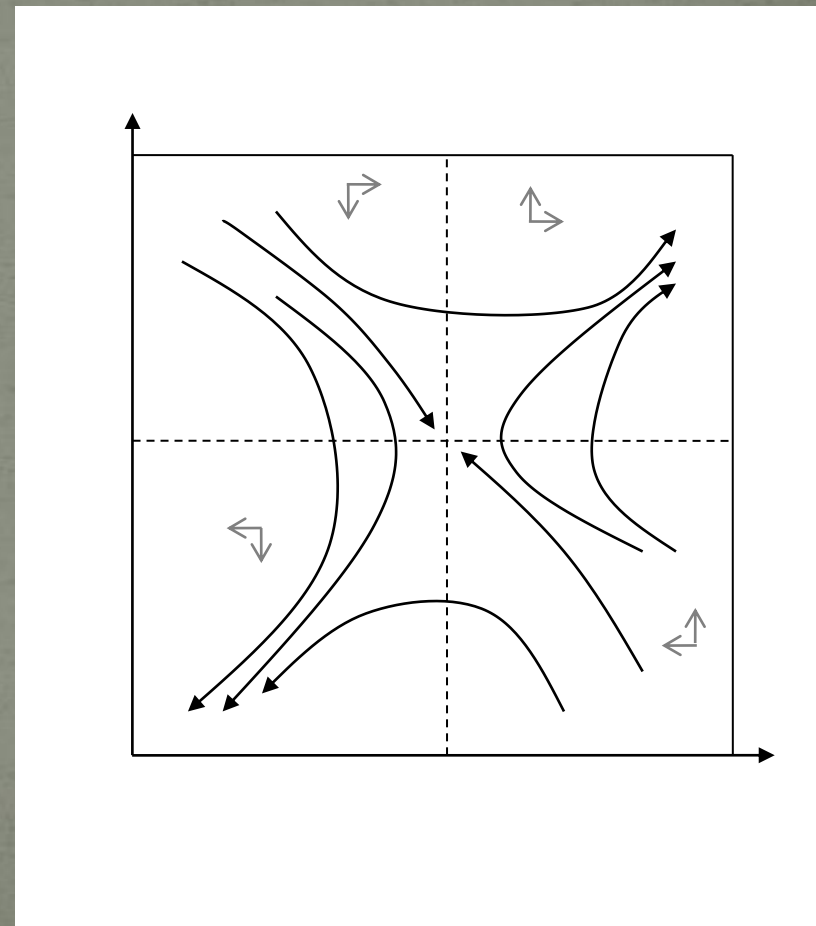
$1 \backslash 2$	$B$	$Z$
$B$	0, 0	0, -1
$Z$	-1, 0	1, 1

# Dynamika

Równowaga bardzo zależy od warunków początkowych

Dwie możliwe równowagi stabilne: brak wymiany i pełna wymiana

Stany krytyczne – dowolnie małe zachwianie prowadzi do jednej ze skrajności





# Symulacje – przykład gry mniejszości

- Problem baru El Farol (Brian Arthur)
- Spędzenie czasu w barze jest przyjemne, gdy nie jest zatłoczony
- Wybór: iść do baru / zostać w domu
- Wygrywa wybór dokonany przez mniejszość
- Krytyka doskonałej racjonalności w ekonomii



# Gra mniejszości

- Wielu graczy (liczba nieparzysta)
- Każdy może wybrać *A* lub *B*
- Wygrywają gracze, którzy są w mniejszości
- Model dla sytuacji ekonomicznych, w których pewne zasoby zdobywa mniejszość
  - kształtowanie się cen
  - formowanie elit
  - przeżywalność przedsiębiorstw
  - rynki finansowe



# Symulacje

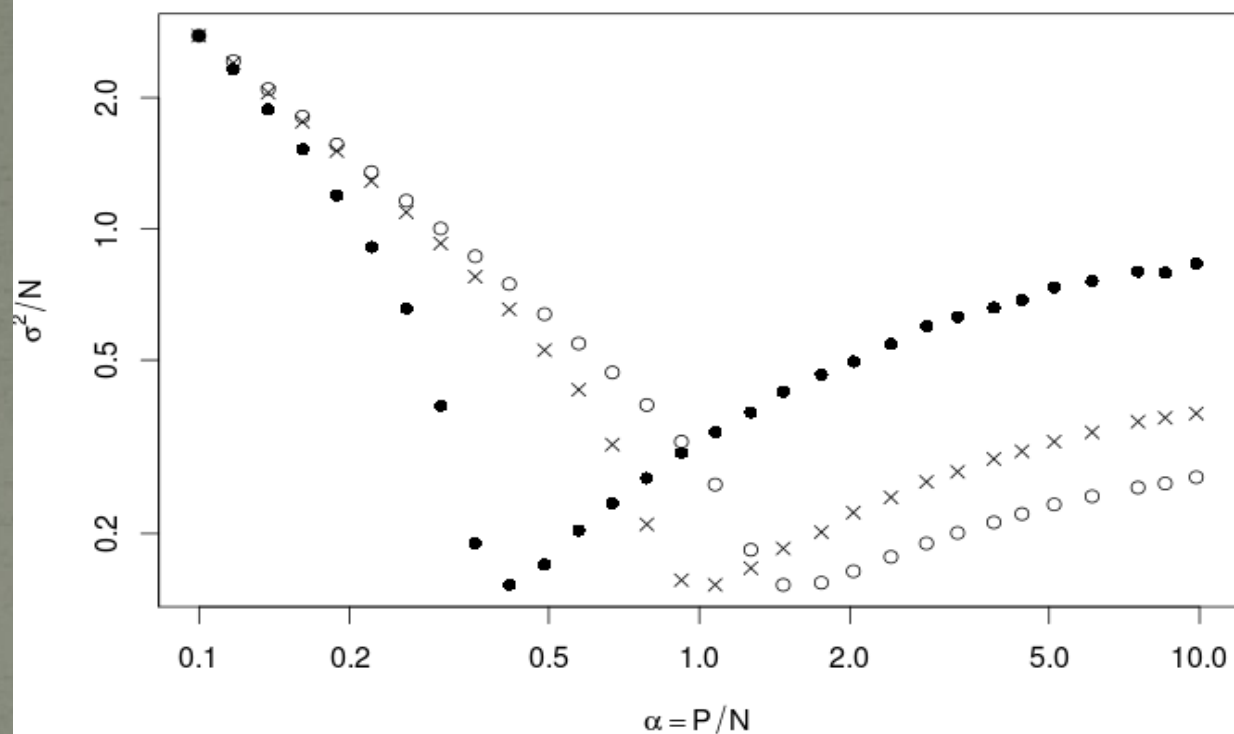
- Tworzenie populacji agentów
- Agenty mają ograniczoną liczbę strategii
- Strategie: wybierają posunięcia (*A* lub *B*) na podstawie historii
- Agenty wybierają strategie na podstawie wyników historycznych (deterministycznie lub losowo)

# Symulacje

- Badane zależności: zmienność rozgrywek (różnica między dwiema grupami) vs średnia liczba możliwych strategii
- Przejścia fazowe
- Gdy liczba graczy jest mała wyniki są losowe
- Liczba graczy rośnie zmienność maleje (koordynacja)
- Po przekroczeniu pewnej liczby graczy zmienność zaczyna rosnać (efekt tłumu, *herding*)
- Dla dużej liczby graczy spada też przewidywalność w grze (znajomość historii nie daje żadnej przewagi)



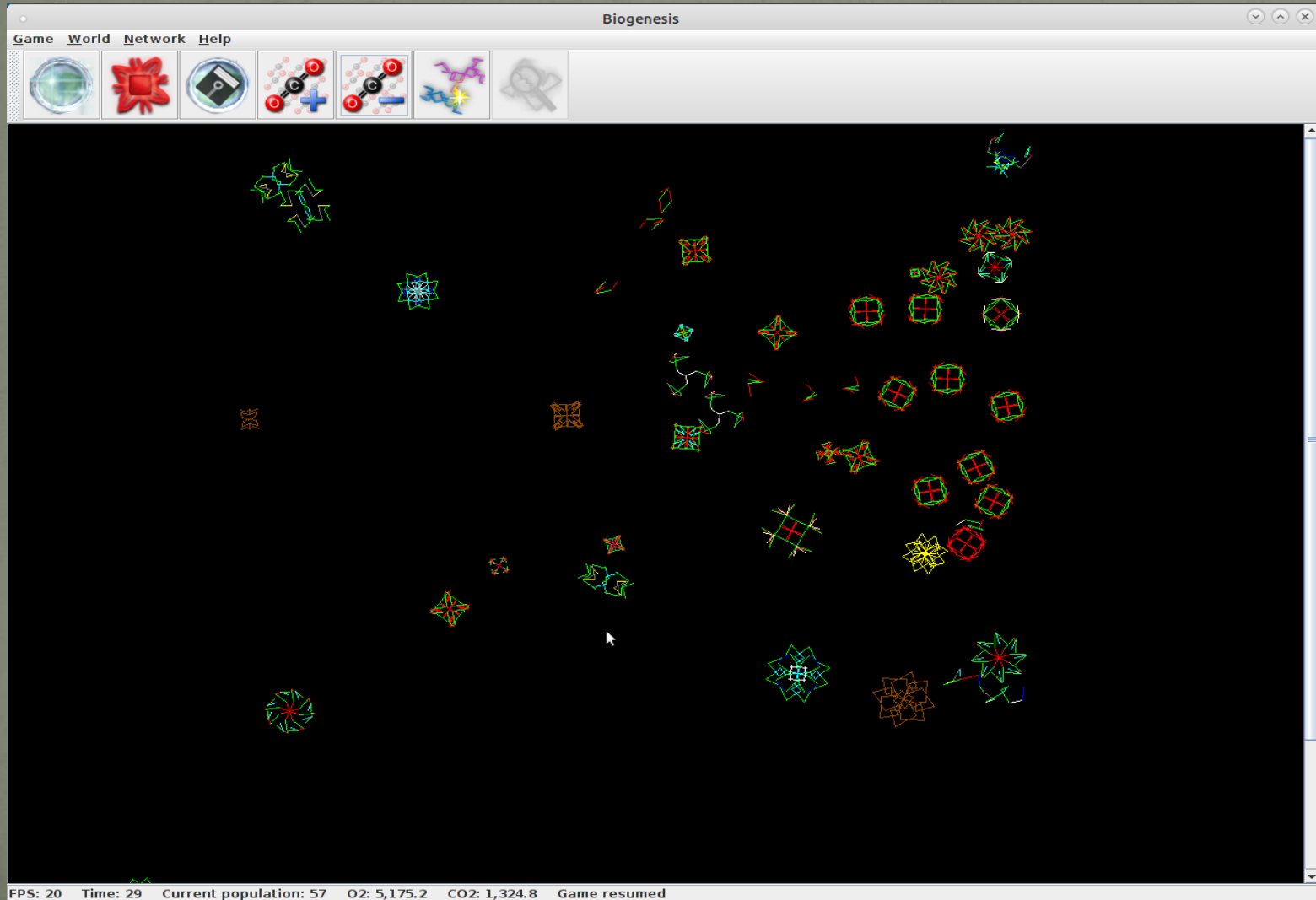
# Przykładowe symulacje



# Inne rodzaje symulacji

- Turnieje strategii (od Axelroda)
  - strategie grają w parach (lub w grach wieloosobowych)
  - zachowania na podstawie historii (lub sztuczna inteligencja)
  - ocena wyników
- Symulacje z losową populacją
  - np. gra mniejszości
  - sztuczna inteligencja
  - symulacja ewolucji
- Symulacje w sieciach

# Symulacje losowych populacji

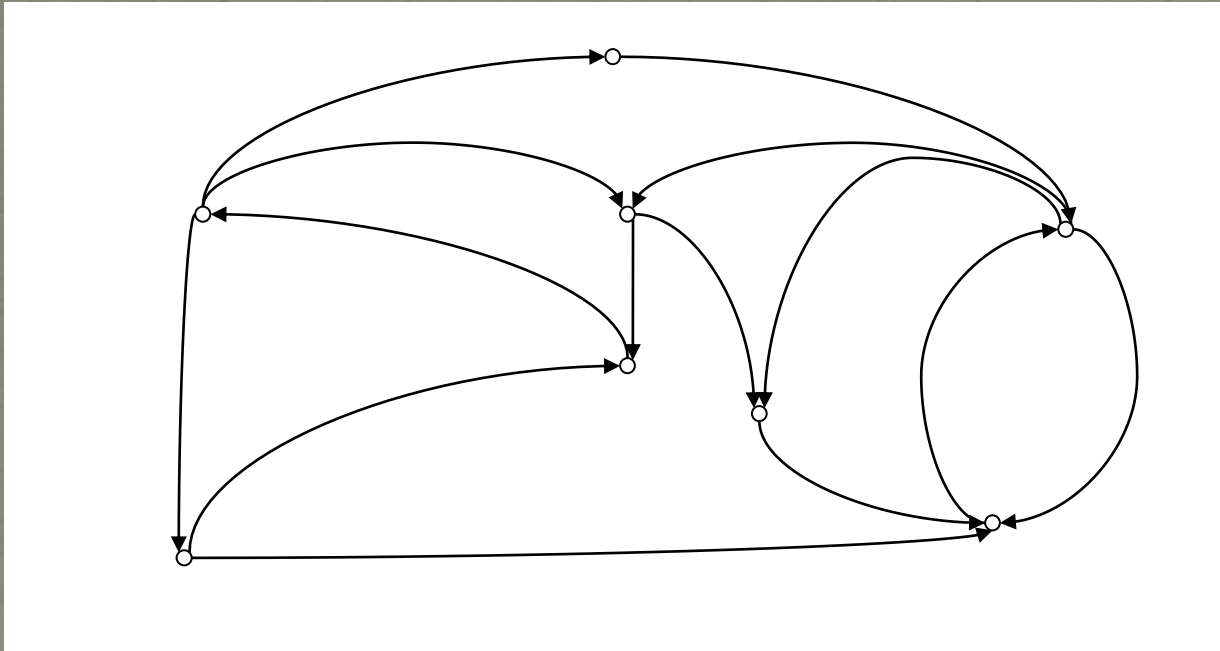




# Symulowanie ewolucji (losowa populacja)

- Systemy zamknięte (ocena zewnętrzna) – algorytmy genetyczne
- Systemy otwarte (ocena oparta jedynie na przeżyciu)
  - występuje koewolucja (pasożytnictwo, ofiara-drapieżca)
  - zmienność jedynie w ograniczonych ramach
  - po pewnym czasie system stabilizuje się lub powtarza
- Systemy całkowicie otwarte
  - pojawiałyby się w nich „nowa jakość”
  - zmiana zasad w trakcie gry
  - mutacje
  - jak to osiągnąć?

# Symulacje w sieciach



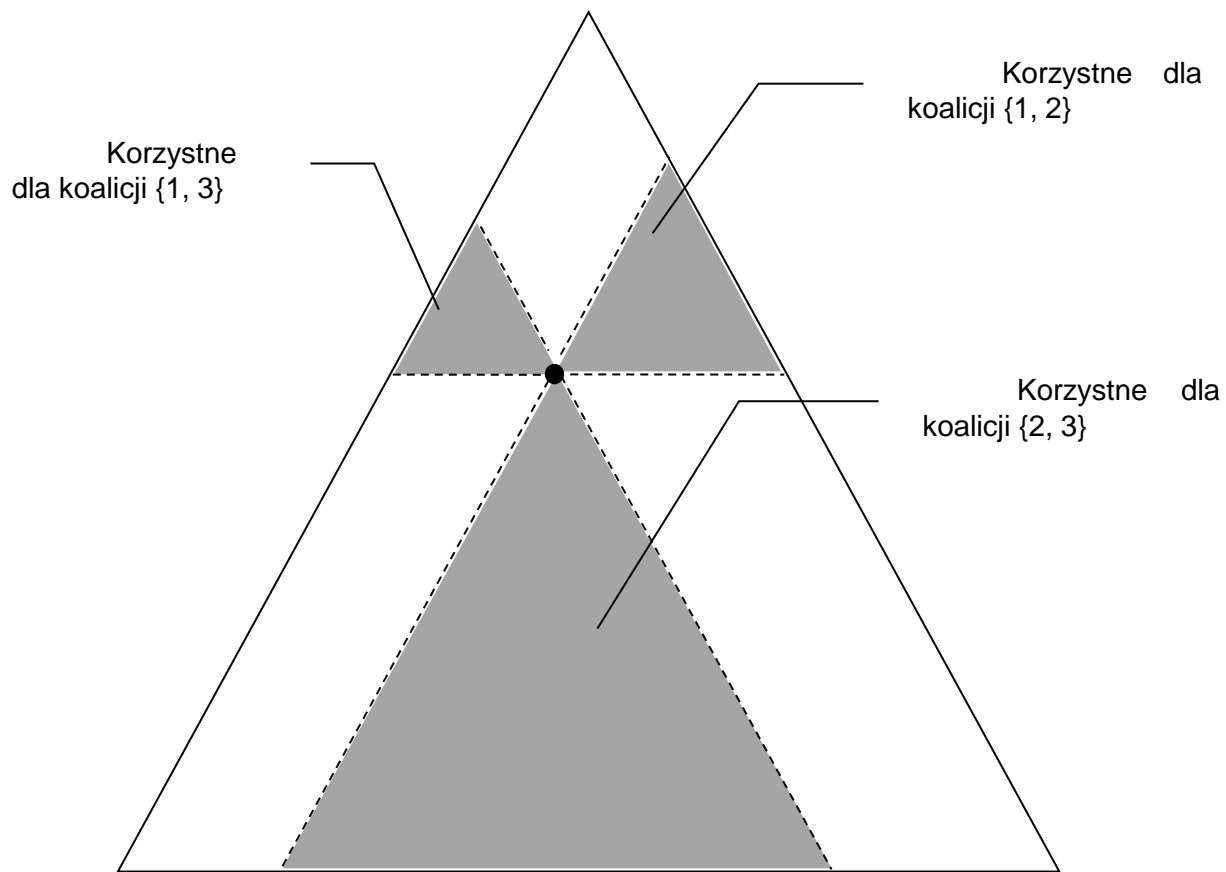
- Agenty przemieszczają się w sieci i dokonują interakcji
- Stosowane np. w teorii wzrostu gospodarczego

# Kooperacja

- Współpraca jest drugim filarem teorii gier
- Jak zagwarantować współpracę?
- Z kim współpracować?
- Jak podzielić efekty współpracy?



# Podział dolara



# Podział dolara a gra mniejszości

- Podobna logika – nie może istnieć rozwiązanie stabilne, a racjonalne przewidywania nic nie dają
- Dynamika podobna jak w grach ewolucyjnych – pojawiają się cykle
- Von Neumann i Morgenstern – ograniczenia narzucane na rozwiązania (zbiory stabilne)
  - problem – nie zawsze istnieją

# Gry głosowania

- Kooperacja – wygrywa większa koalicja
- Analiza głosowań rządowych, w spółkach, itp.
- Ilość głosów nie przekłada się jednoznacznie na siłę koalicji
- [49%, 2%, 49%] i głosowanie większościowe – każdy z głosujących ma taką samą siłę
- Indeksy siły Shapleya i Banzhafa

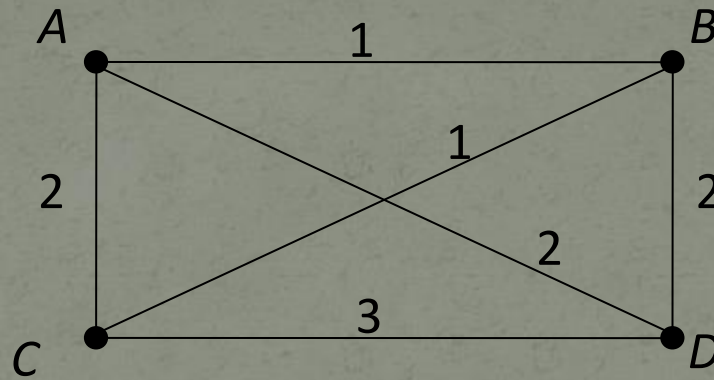


# Kooperacja i synergia



- Dla dwóch osób łatwo ustalić nadwyżkę wynikłą ze współpracy (i zaproponować jej podział)
- Współpraca większej liczby osób – jest to trudniejsze

# Gry grafowe



- Wypłata koalicji = suma liczb na krawędziach spinających
- Łatwo obliczyć wkład każdego gracza
- Nie wszystkie gry można tak przedstawić

# Marginal Contribution Nets (MC)

- Układy reguł

A → 1

B → 2

C → 2

A,B → 1

A,C, -B → 1

- Łatwe obliczanie odpowiedniej wartości dla graczy
- Można stosować we wszystkich grach wieloosobowych



# Kooperacja, gry ewolucyjne i uczenie się

- Gry w których możliwa jest kooperacja
- Agenty posiadają ograniczoną racjonalność i zdolność uczenia się
- Występują zakłócenia losowe i zakłócenia związane z procesem uczenia się
- Tematyka mało zbadana
  - brak wyników teoretycznych
  - symulacje