

Ekonomia złożoności. Zastosowanie modelowania Agent-based Computational Economics w nauczaniu zdalnym

Tomasz Kopczewski

Wydział Nauk Ekonomicznych, Uniwersytet Warszawski



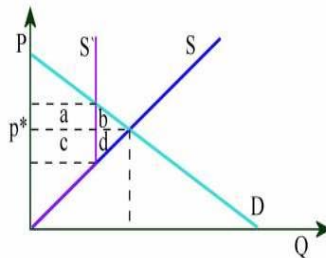
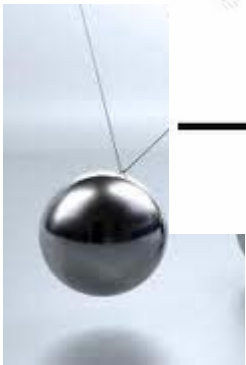
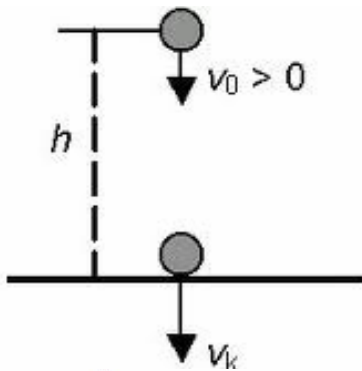
Mikroekonomia

Złożony system zazwyczaj składa się z dużej liczby prostych członków, elementów lub czynników, które wchodzi w interakcje ze sobą wzajemnie i ze środowiskiem, i które mają potencjał tworzenia jakościowo nowego kolektywnego zachowania, a objawami tego zachowania jest spontaniczne tworzenie nowych struktur przestrzennych, czasowych lub funkcjonalnych.

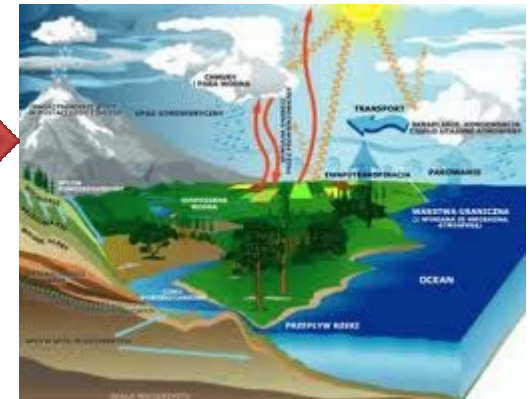
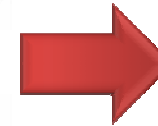
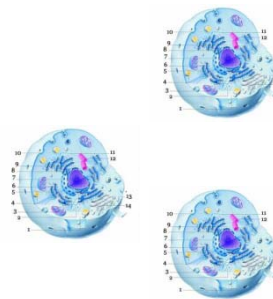
Vinod K. Wadhawan

Praktyka wykładania:

- proste zależności
- skomplikowane obliczeniowo
- brak dynamiki
- sporadycznie wykorzystana losowość



Analogia: modelowanie systemów biologicznych przy pomocy mechaniki newtonowskiej



Eksperyment

skomplikowane obliczeniowo

Proste zależności

Problem badawczy: jak zmieni się dobrobyt 2 uczestników rynku 2 dóbr i 2 czynników produkcji

Computable general equilibrium

Parametry dane modelu

α_b, α_z
 β_z, β_b
 δ_1, δ_b
 A_1, A_2

Zasoby
 K_b, K_z
 L_b, L_z

numeraire
 $w=1$



Porównanie do ceny pracy - wszystkie ceny wyrażone w pracy / redukcja problemu obliczeniowego



Proces kalibracji

Gospodarstwa domowe	α	β	K	L
Kapitałiści (z)	0.5	0.5	4	0.25
Pracownicy (b)	0.5	0.5	0.1	200

Dobra	δ	A
Produkcyjne (x1)	0.8	1
Nieprodukcyjne (x2)	0.1	1.5

Rozwiązanie numeryczne: minimalizacja sumy kwadratów odchyleń od stanu równowagi

$$S1 = (K_1 + K_2) - \underline{K}$$

$$S2 = (L_1 + L_2) - \underline{L}$$

$$S3 = (x1_b + x1_z) - X1$$

$$S4 = (x2_b + x2_z) - X2$$

$$S5 = (w^*L_1 + r^*K_1) - p^*X1$$

$$\text{MIN } \sum (Si)^2$$

Eksperyment

Ręcznie

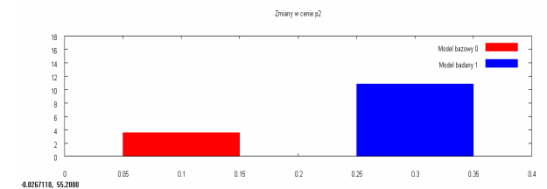
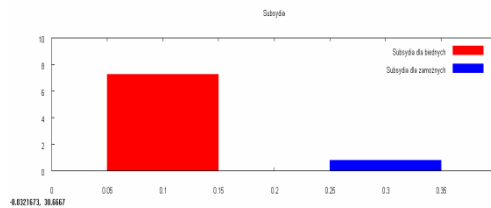
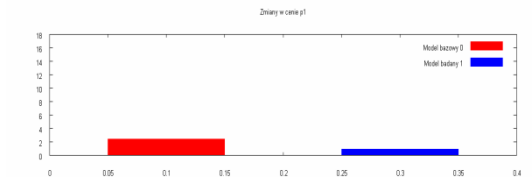
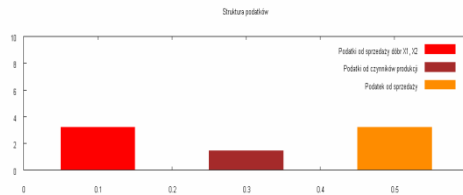
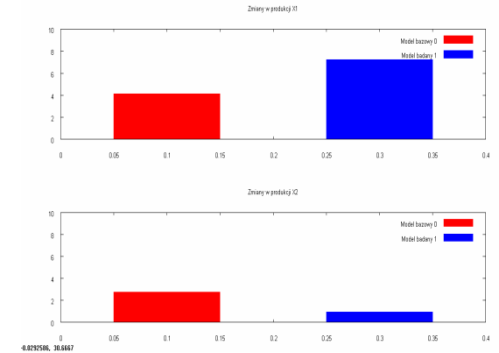
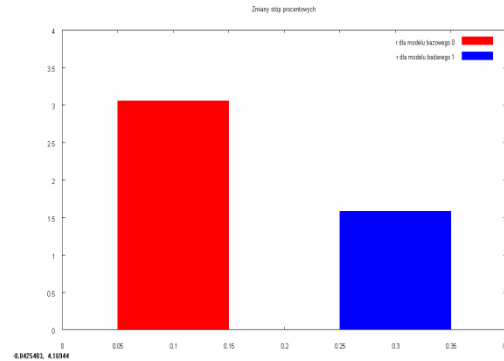
Obliczenia:
około 2 h pracy wybitnego
studenta duże
prawdopodobieństwo
pomyłki

Computable general equilibrium

MAXIMA
120 linii kodu



Wyniki zmiany dobrobytu w gospodarce 2X2X2 po zmianie systemu podatkowego



**Skomplikowane, ale nie jest to złożoność -
wszystko jest zdeteminowane**

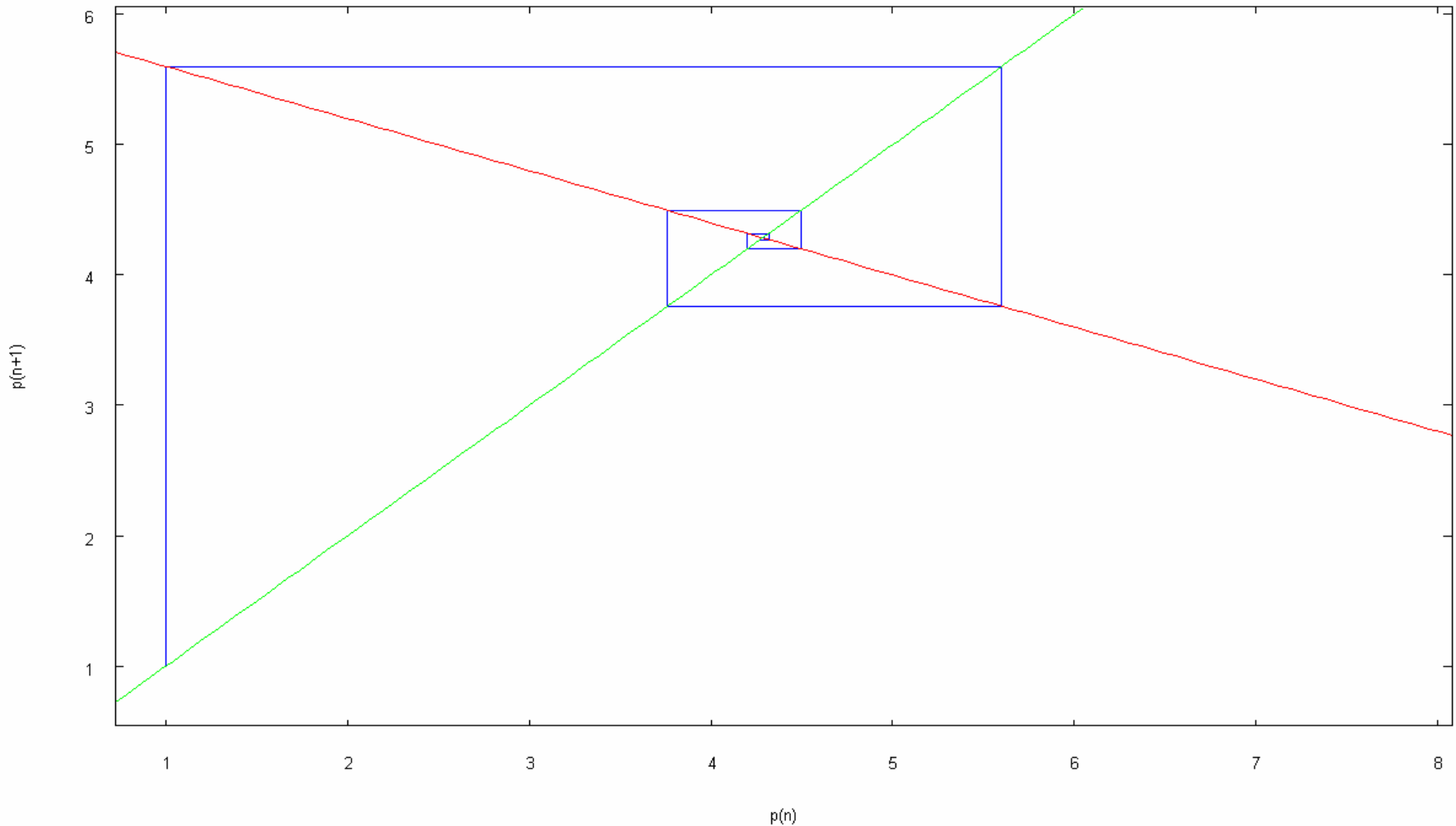
Jak włożyć złożoność do ekonomii?

- Ekonomia post-autystyczna (mało realne postulaty)
- Ekonomia ortodoksyjna → pomatu włożymy złożoność → przez zamianę w aksjomatach
- **Ekonofizyka** → dodajmy do modeli dynamikę i nieliniowość - będziemy mieli nie tylko złożoność, ale i chaos deterministyczny → Na wszystko dobre modele przejścia fazowego
- **Ekonomia obliczeniowa** *Agent-based computational Economics* → wyhodujemy system ekonomiczny w probówce

Ekonofizyka – chaos jest wszędzie

Prosty model popytu
i podaży + dynamika
(model pajęczyny)

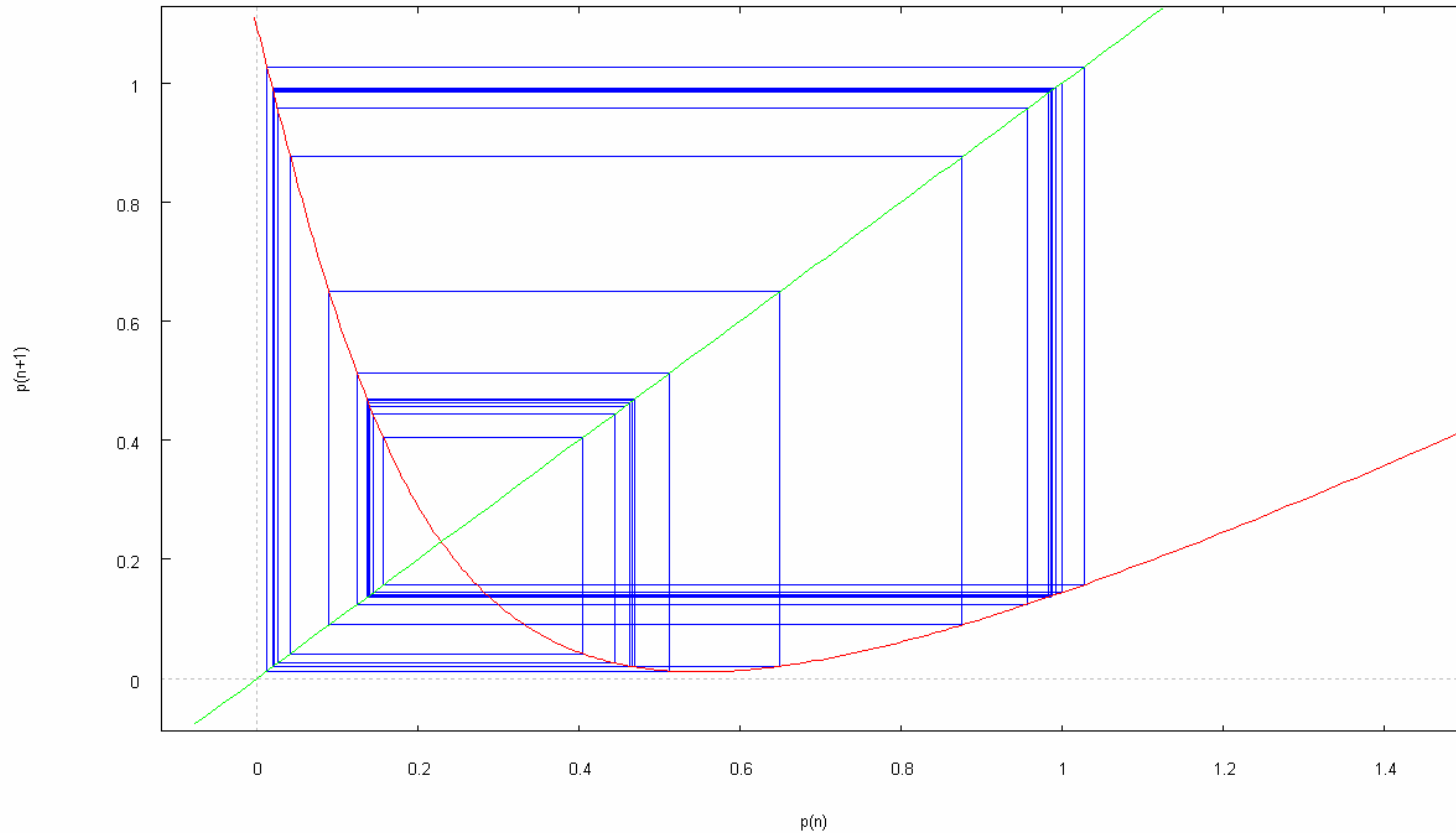
- 1) $D[t] = a - b \cdot p[t]$
- 2) $S[t] = -c + d \cdot p[t-1]$
- 3) $D[t] = S[t]$



Ekonofizyka – chaos jest wszędzie

Prosty model popytu
i podaży + dynamika +
nieliniowość + oczekiwania

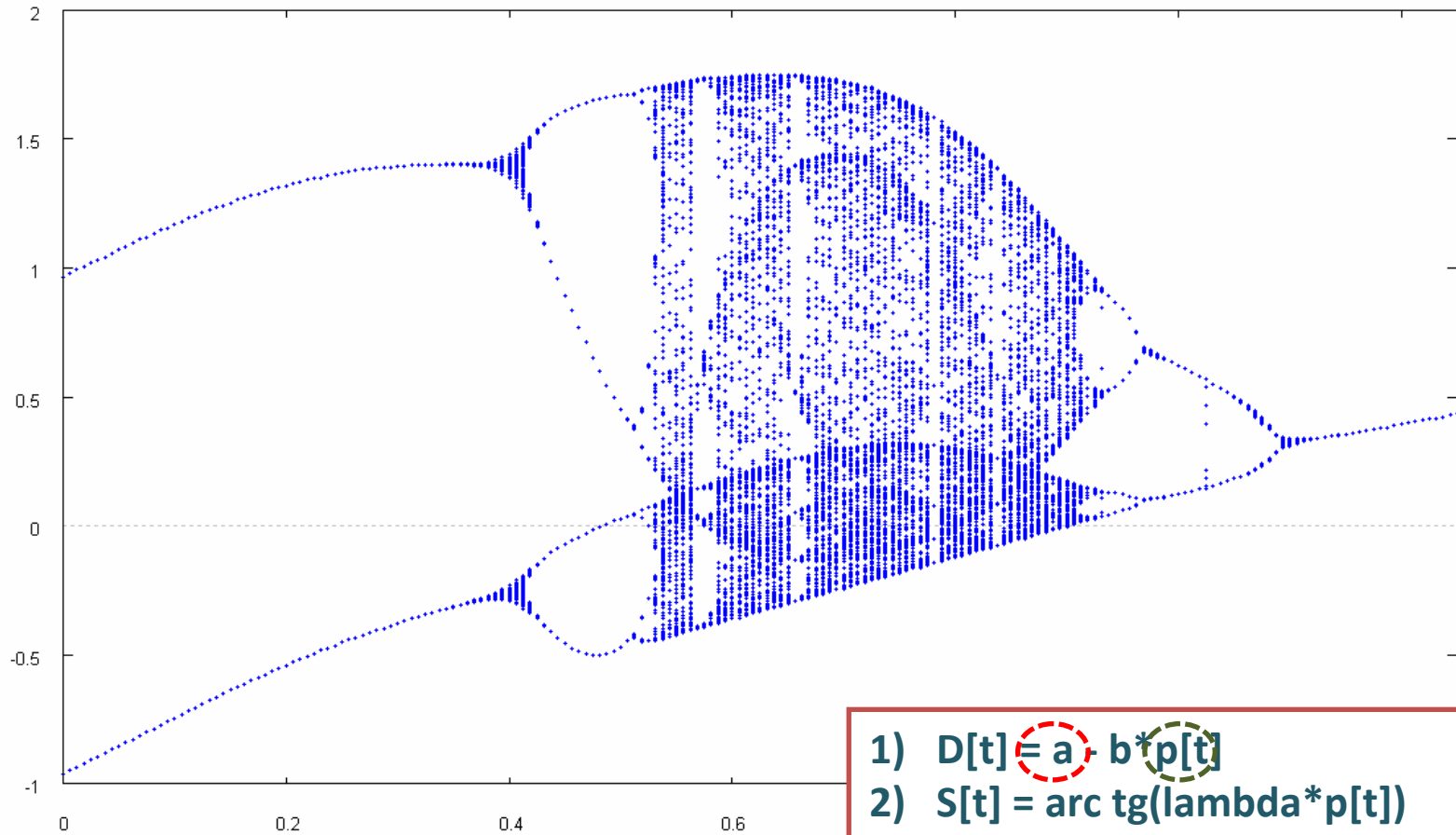
- 1) $D[t] = a - b \cdot p[t]$
- 2) $S[t] = \text{arc tg}(\lambda \cdot p[t])$
- 3) $D[t] = S[t]$
- 4) $p[t]^e = p[t-1]^e + w(p[t-1] - p[t-1]^e)$



Ekonofizyka – chaos jest wszędzie

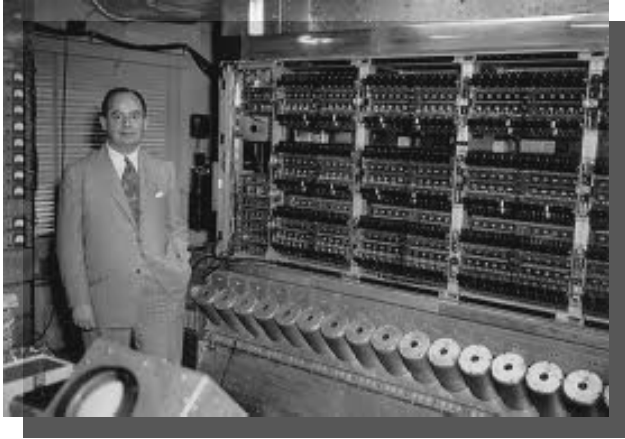
Wyniki?

Określenie dla jakich wartości parametru a zaczyna się chaos



- 1) $D[t] = a \cdot b \cdot p[t]$
- 2) $S[t] = \text{arc tg}(\text{lambda} \cdot p[t])$
- 3) $D[t] = S[t]$
- 4) $p[t]^e = p[t-1]^e + w(p[t-1] - p[t-1]^e)$

Ekonomia obliczeniowa – modelowanie agentowe – wyhodujemy gospodarkę w komputerze



**John von Neumann
(1903-1957)**

**Początek – automaty komórkowe
modele matematycznie, w których :**

- każda komórka może przyjmować określony dla siebie stan**
- działa według określonej dla siebie reguły – funkcji przejścia.**

**Komórki działają synchronicznie
(model dyskretny) niezależnie
i w określonej przestrzeni (siatce).**

Ekonomia obliczeniowa – gra o życie



John Conway
(1937-)

Najbardziej znana wizualizacja automatów komórkowych – gra o życie

Zasady:

- komórka martwa staje się żywa, gdy otaczają ją dokładnie trzy komórki żywe
- pozostaje martwa w innych przypadkach
- komórki żywe pozostają żywe, gdy otaczają ją dwie lub trzy żywe komórki
- w innych przypadkach umiera z powodu odosobnienia lub zatłoczenia

setup-blank

setup-random

initial-density 22.0 %

draw-cells

When this button is down, you can add or remove cells by holding down the mouse button and "drawing".

go-once

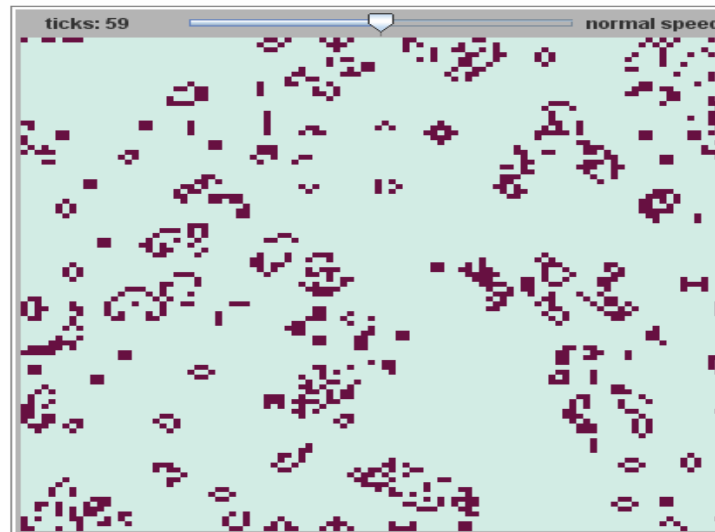
go-forever

current density 0.1

recolor

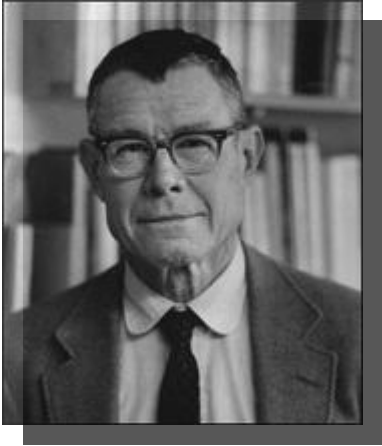
fgcolor 123 (magenta - 2)

bgcolor 79 (turquoise + 4)



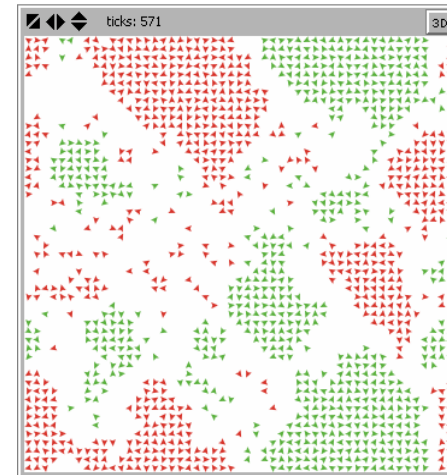
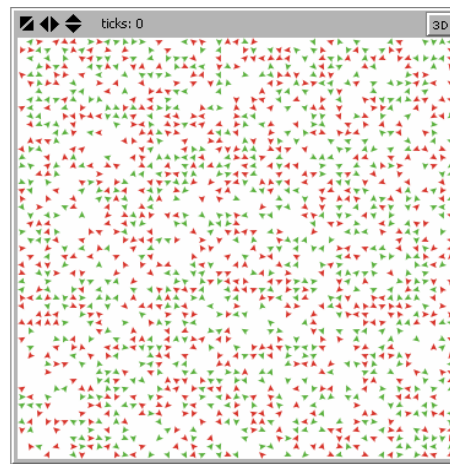
powered by NetLogo

Ekonomia obliczeniowa – Segregacja



Thomas Schelling
(1921-)

Pierwszy model agentowy stworzony w naukach społecznych. Agenci mogą podejmować decyzję, gdzie zamieszkać. Podobni dążą do zamieszkania z podobnymi.



<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/run.cgi?Segregation.734.460>

Agent-based Computational Economics ACE w ekonomii

Symulowanie działań pojedynczych agentów ekonomicznych, którzy kierują się prostymi regułami decyzyjnymi, wchodzi w interakcje między sobą i wpływają na zachowania innych agentów.

Agenci:

- konsumenci, producenci lub członkowie danych społeczności, instytucji
- grupy społeczne: rodziny firmy społeczności lokalne, agencje rządowe
- instytucje: rynki, systemy kontroli i regulacji
- jednostki biologiczne: rośliny, zwierzęta, uprawy, lasy
- jednostki fizyczne: regiony geograficzne, pogoda, infrastruktura techniczna

Agenci mogą być zróżnicowani pod względem ich interakcji z otoczeniem: od aktywnych, podejmujących samodzielne decyzje i uczących się, wpływających na warunki środowiska w którym działają, do biernych składników otoczenia bez funkcji poznawczych jednostek. Agenci mogą być składnikami innych agentów tworząc strukturę hierarchiczną.

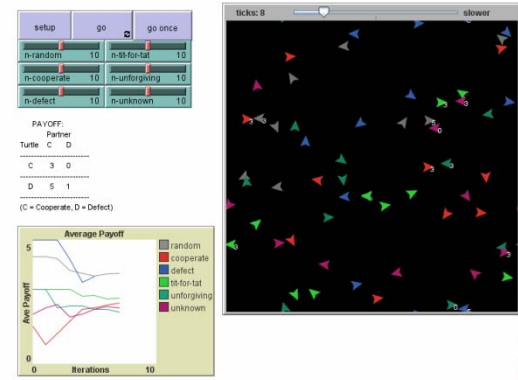


NetLogo

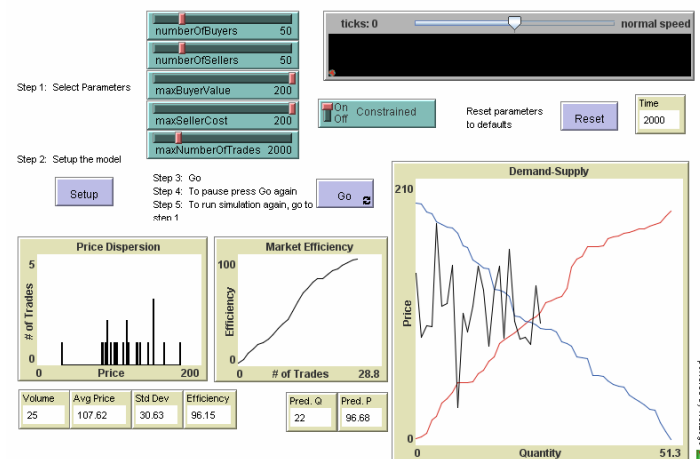


- Duża ilość gotowych modeli
- Łatwość programowania
- Przystosowanie do użycia w Internecie

- Aspekt konstruktywistyczny w nauczaniu ekonomii:
- testowanie teorii
 - ekonomista inżynierem – testowanie rozwiązań instytucjonalnych *mechanism design* ekonomii
 - praca zespołowa



Ewolucyjna teoria gier

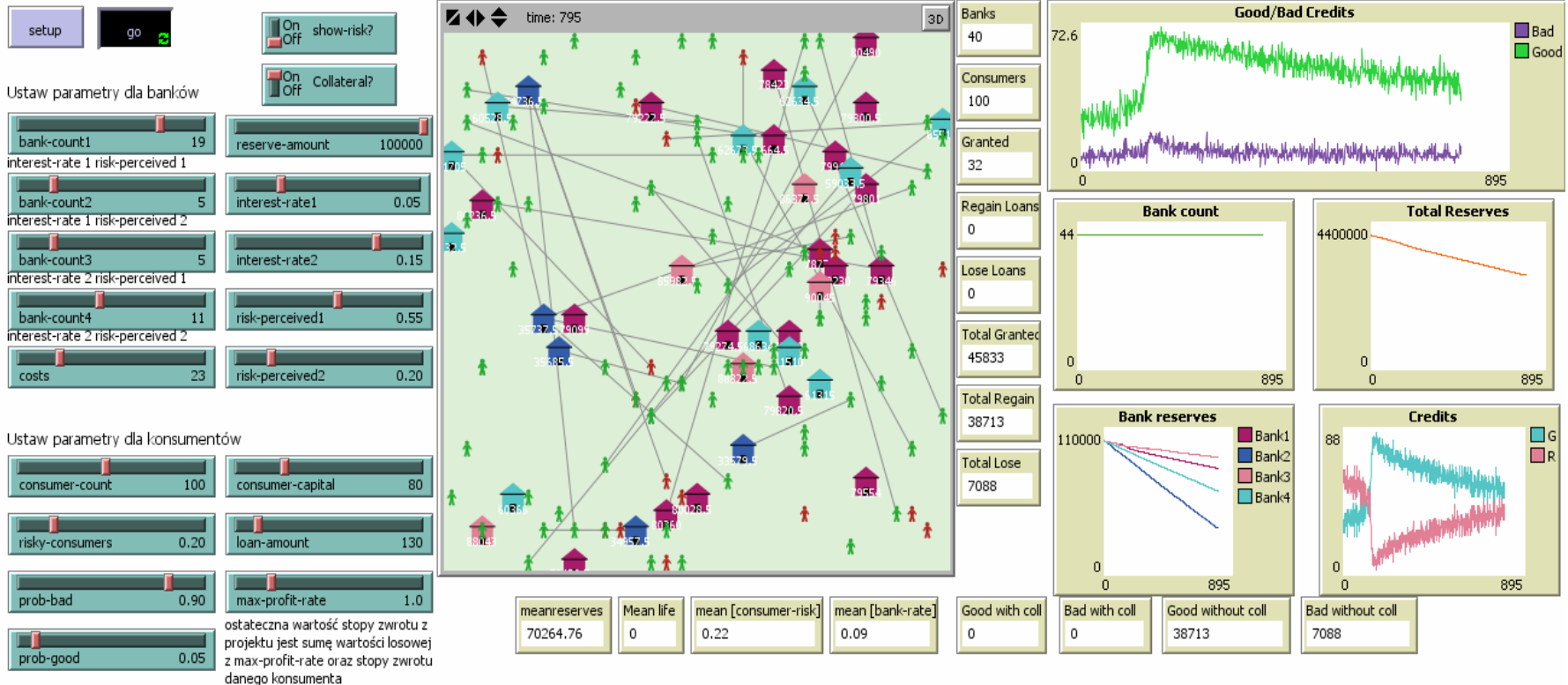


Sztuczne rynki

Testowanie ekonomii (przykład)

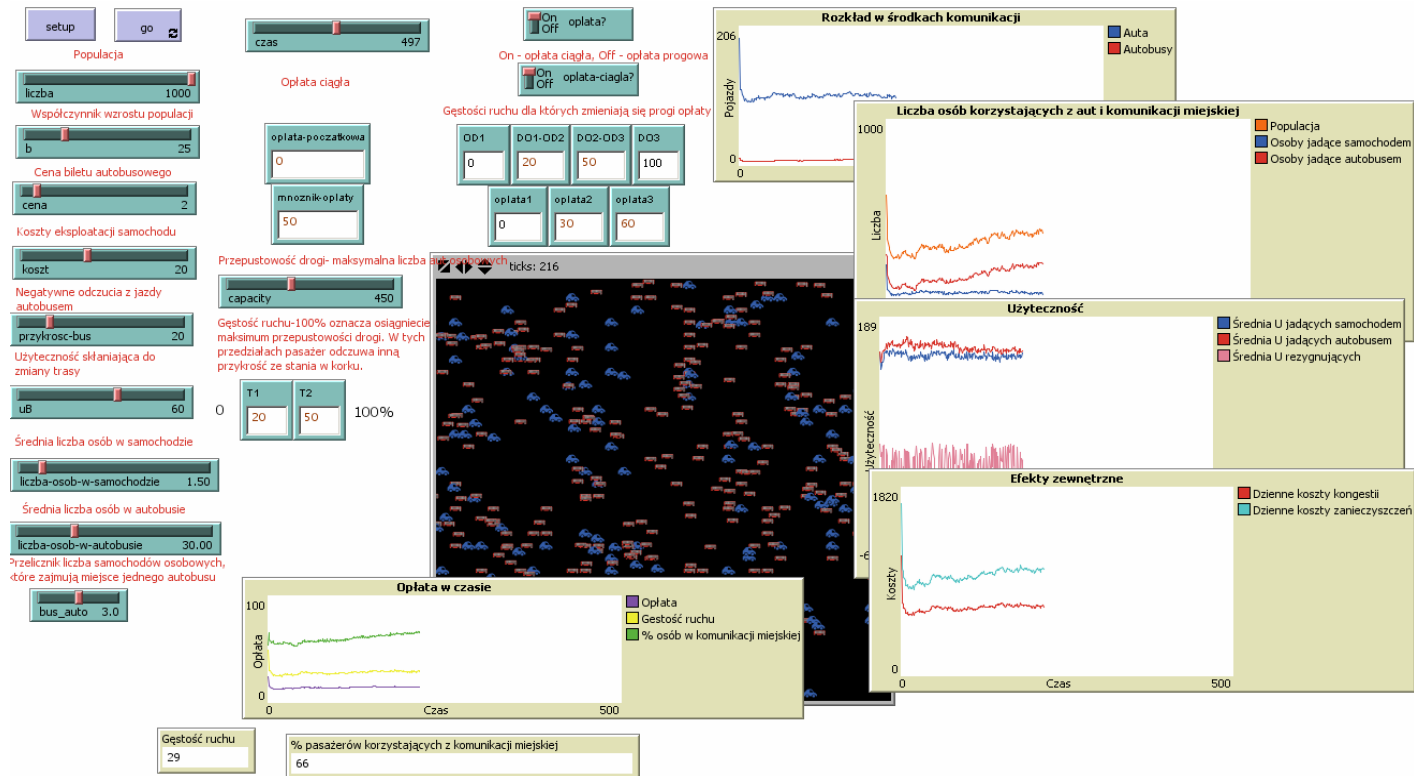
Hipoteza: Quiet Life Hicksa - na zmonopolizowanym rynku banki są bardziej *risk averse* niż na rynku konkurencyjnym. W modelu tym agentami są banki udzielające kredytów oraz klienci banków o różnym stopniu wiarygodności kredytowej.

Model teoretyczny: stochastyczny dynamiczny model oligopolistycznego rynku bankowego z asymetrią informacji i procesem agregacji informacji – jak znaleźć rozwiązanie tego modelu???



Mechanism design ekonomii (przykład)

Wprowadzenie opłaty zatłoczeniowej na autostradach – analiza kosztów i korzyści



Zastosowanie Agent-based Computational Economics ACE w ekonomii

- Nie jest trudne → gotowe materiały, darmowe oprogramowanie, przystosowanie do środowiska internetowego
- Nie zastępuje klasycznej ekonomii ale ją uzupełnia

Problem: Jak przełamać swoje przywiązanie do Newtonowskiego świata ekonomii?

Co dalej???

**Zapraszam do wykorzystania
moich doświadczeń**

**Od nowego semestru materiały z ekonomii eksperymentalnej,
obliczeniowej i ACE dostępne na stronie [LEE WNE UW](#)
(strona w przebudowie nowa wersja od marca/kwietnia 2012)**