

# Obliczenia inspirowane Naturą

## Wykład 00 – Metainformacje i wprowadzenie do tematyki

Jarosław Miszczak

IITiS PAN Gliwice

05/10/2016

- 1 Metainformacje
  - Prowadzący, terminy, i.t.p.
  - Cele wykładu
  - Zasady oceny
- 2 Co to są obliczenia inspirowane Naturą
- 3 Poruszane zagadnienia
  - Odtwarzanie Natury
  - Wykorzystanie praw fizyki
  - Rozwiązywanie trudnych problemów
  - Podobne wykłady
  - Literatura

## Prowadzący, terminy, itp.

- Wykłady (czwartki, 9:00) i ćwiczenia tablicowe (środy, 14:00) w blokach po 2,5 h. Zajęcia będą trwały do 9 grudnia 2016 r.
- Wszystkie materiały będą umieszczane na stronie <https://iitis.pl/~miszczak/natcomp>
- Prowadzący:
  - Jarosław Miszczak (miszczak@iitis.pl)
  - Przemysław Sadowski (psadowski@iitis.pl)
  - Instytut Informatyki Teoretycznej i Stosowanej PAN, Bałtycka 5, Gliwice.

Metainformacje

Co to są obliczenia inspirowane Naturą  
Poruszane zagadnienia

Prowadzący, terminy, i.t.p.

**Cele wykładu**

Zasady oceny

# Cele wykładu

## Cele wykładu

- Przegląd wybranych modeli obliczeniowych bazujących na zjawiskach obserwowanych w Naturze.

## Cele wykładu

- Przegląd wybranych modeli obliczeniowych bazujących na zjawiskach obserwowanych w Naturze.
- Poznanie wzorców pojawiających się w projektowaniu algorytmów bazujących na zjawiskach naturalnych.

## Cele wykładu

- Przegląd wybranych modeli obliczeniowych bazujących na zjawiskach obserwowanych w Naturze.
- Poznanie wzorców pojawiających się w projektowaniu algorytmów bazujących na zjawiskach naturalnych.
- Ciekawe spędzenie czwartkowego przedpołudnia (i środowego popołudnia).

## Zasady oceny

Co będzie miało wpływ na ocenę końcową?

- oceny z dwóch kolokwiów – koniec października i druga połowa listopada;
- aktywność przy tablicy na ćwiczeniach;
- prezentacja i dyskusja rozwiązanego zadania komputerowego;



## Obliczenia inspirowane Naturą

Mianem obliczeń inspirowanych naturą (ang. *nature-inspired computing*, *natural computing*) określa się metody przetwarzania danych, które mają związek ze zjawiskami obserwowanymi w przyrodzie. Często metody te dzieli się na trzy kategorie:

## Obliczenia inspirowane Naturą

Mianem obliczeń inspirowanych naturą (ang. *nature-inspired computing, natural computing*) określa się metody przetwarzania danych, które mają związek ze zjawiskami obserwowanymi w przyrodzie. Często metody te dzieli się na trzy kategorie:

- 1 metody mające na celu odtworzenie zjawisk i układów występujących w Naturze – np. automaty komórkowe, systemy Lindemayer'a, geometria fraktalna;

## Obliczenia inspirowane Naturą

Mianem obliczeń inspirowanych naturą (ang. *nature-inspired computing, natural computing*) określa się metody przetwarzania danych, które mają związek ze zjawiskami obserwowanymi w przyrodzie. Często metody te dzieli się na trzy kategorie:

- 1 metody mające na celu odtworzenie zjawisk i układów występujących w Naturze – np. automaty komórkowe, systemy Lindemayer'a, geometria fraktalna;
- 2 metody korzystające z układów i zjawisk fizycznych, chemicznych lub biologicznych – np. obliczenia kwantowe, obliczenia molekularne, obliczenia z wykorzystaniem DNA;

## Obliczenia inspirowane Naturą

Mianem obliczeń inspirowanych naturą (ang. *nature-inspired computing, natural computing*) określa się metody przetwarzania danych, które mają związek ze zjawiskami obserwowanymi w przyrodzie. Często metody te dzieli się na trzy kategorie:

- 1 metody mające na celu odtworzenie zjawisk i układów występujących w Naturze – np. automaty komórkowe, systemy Lindemayer'a, geometria fraktalna;
- 2 metody korzystające z układów i zjawisk fizycznych, chemicznych lub biologicznych – np. obliczenia kwantowe, obliczenia molekularne, obliczenia z wykorzystaniem DNA;
- 3 metody luźno motywowane zjawiskami przyrodniczymi – np. algorytmy genetyczne, strategie ewolucyjne, algorytmy mrówkowe, inteligencja rozproszona (roju), sztuczne sieci neuronowe;

# Poruszane zagadnienia

czyli plan wykładu w wersji skróconej

## Blok 1

### Modele obliczeń.

- 1 Klasyczne modele obliczeń – maszyny Turinga, maszyny rejestrowe, rachunek  $\lambda$ .
- 2 Automaty komórkowe – motywacja, własności, przykłady zastosowania.
- 3 Geometria fraktalna – definicja fraktali, określenie wymiaru.
- 4 L-systemy – modelowanie roślin, systemy przepisowywania, gramatyki (i ich powiązanie z maszynami Turinga).

# Poruszane zagadnienia

czyli plan wykładu w wersji skróconej

## Blok 2

### Obliczenia kwantowe.

- 5 Obliczenia kwantowe – kwantowa maszyna Turinga, obwody kwantowe, algorytmy kwantowe, protokoły kwantowe, kwantowe klasy złożoności, formalizm stanów i kanałów.
- 6 Generatory liczb (pseudo)losowych – generatory pseudolosowe, generatory sprzętowe, generatory bazujące na prawach fizyki.

# Poruszane zagadnienia

czyli plan wykładu w wersji skróconej

## Blok 3

### Metody metaheurystyczne.

- 7 Wykorzystanie zasad ewolucji – algorytmy genetyczne, strategie ewolucyjne.
- 8 Przykłady zastosowania algorytmów ewolucyjnych.
- 9 Algorytmy mrówkowe – motywacja, zasada działania.
- 10 Inteligencja roju – zasada działania.

# Obliczenia inspirowane Naturą

## Wykorzystanie

- 1 modelowanie zjawisk przyrodniczych i społecznych – wykorzystanie automatów komórkowych;
- 2 odtwarzanie Natury w komputerze – L-systemy;
- 3 ograniczenia starego i budowanie nowego sprzętu – komputery kwantowe, obliczenia DNA;
- 4 tworzenie lepszych algorytmów dla problemów *trudnych* - optymalizacja (*np.* symulowane wyżarzanie, algorytmy mrówkowe);
- 5 uczenie maszynowe – sztuczne sieci neuronowe;



# Odtwarzanie Natury

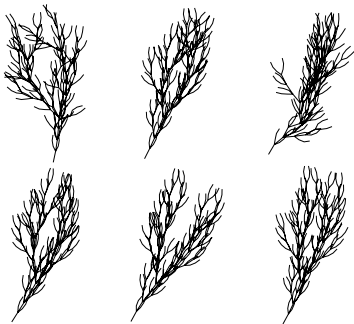
## Automaty komórkowe

- Pierwszym zastosowaniem automatów komórkowych było wyznaczanie ruchu cieczy poprzez podzielenie przestrzeni na małe komórki i określenie dynamiki każdej z komórek w zależności od stanu komórek sąsiednich.
- Automaty komórkowe są prostym sposobem modelowania procesów w których ważna jest reprodukcja.
- Automaty komórkowe wykorzystywano do modelowania pożarów lasów, tworzenia się korków samochodowych oraz oddziaływania cząstek elementarnych.

# Odtwarzanie Natury

## L-systemy

- Rysowanie ciekawych krzywych (albo fraktali) w programie Inkscape
- Wykorzystanie w grafice komputerowej – *grafika żółwia*



Generator na stronie <http://www.kevs3d.co.uk/dev/lsystems/>

# Wykorzystanie Natury

## Obliczenia kwantowe

Obliczenia kwantowe bazują na wykorzystaniu zasady liniowości – suma dwóch stanów układu jest poprawnym stanem układu.

- zasada superpozycji pozwala na **jednoczesne** obliczenie wartości funkcji dla wielu argumentów (patrz: obliczenia probabilistyczne/niedeterministyczne)
- problemem jest utrzymanie stanów kwantowych  $\mapsto$  ciekawe problemy w laboratorium.

# Rozwiązywanie trudnych problemów

Uproszczone modele zachowań obserwowanych w przyrodzie prowadzą do ciekawych metod rozwiązywania trudnych problemów.

- algorytmy mrówkowe pozwalają na optymalizację w problemach związanych z wyszukiwaniem;
- algorytmy genetyczne dają dobre wyniki przy problemach z dużą ilością zmiennych.

# Obliczenia inspirowane Naturą?

## Podobne wykłady

- Michael Herrmann, *Natural Computing*, The University of Edinburgh, 2011-12,  
<http://www.inf.ed.ac.uk/teaching/courses/nat/> – głównie metody inspirowane biologicznie, dużo na temat algorytmów genetycznych.
- Thomas Bäck, *Natural Computing*, Leiden University, 2009,  
<http://natcomp.liacs.nl/NC/> – metody oparte na rojach (inteligencja stadna), symulowanie natury. Wersja kursu z 2016 – <http://liacs.leidenuniv.nl/~csnaco/NC/>.

# Obliczenia inspirowane Naturą?

## Podobne wykłady

- Alexander V. Spirov, *An Introduction to Natural Computing*, Sechenov Institute of Evolutionary Physiology & Biochemistry, Saint-Petersburg, 2001,  
<http://www.evol.nw.ru/spirov/NatComp-Syllabus.html> – metody rojowe oraz ewolucyjne, symulowanie natury.
- Paweł Paduch, *Obliczenia naturalne*, Politechnika Świętokrzyska, 2014 –  
<http://achilles.tu.kielce.pl/Members/ppaduch/wyk142ady/obliczenia-naturalne/wyklad'01.pdf/view> – inteligencja stadna i algorytmy mrówkowe.

## Literatura

### Artykuły przeglądowe

- L. Kari, G. Rozenberg, *The Many Facets of Natural Computing*, Communications of the ACM, Vol. 51, No. 10, pp. 72-83 (2008), <http://www.csd.uwo.ca/faculty/lila/Natural-Computing-Review.pdf> [widziane: 02.03.2016]
- L.N. de Castro, *Fundamentals of natural computing: an overview*, Physics of Life Reviews, Vol. 4, No. 1, pp. 1-36 (2007), <http://dx.doi.org/10.1016/j.plrev.2006.10.002> [widziane: 02.03.2016]
- M. Komosiński, *Sztuczne Życie. Algorytmy inspirowane biologicznie*. Nauka 4/2008, Polska Akademia Nauk, Warszawa, pp. 7-21.  
<http://www.alife.pl/czym-jest-sztuczne-zycie> [widziane: 02.03.2016]

# Literatura

## Książki

- I. Białynicki-Birula, I. Białynicka-Birula, *Modelowanie rzeczywistości. Jak w komputerze postrzega się świat*, Wydawnictwo WNT, Warszawa, 2013.
- J. Kudrewicz, *Fraktale i chaos*, wydanie 5, Wydawnictwo WNT, Warszawa, 2015.
- D.E. Goldberg, *Algorytmy genetyczne i ich zastosowania*, wyd. 3, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2003.
- M. Hirvensalo, *Algorytmy kwantowe*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne S.A., Warszawa, 2004.



# Literatura

## Inne zasoby

- K. Kułakowski, *Automaty komórkowe*, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Staszica, Kraków, 2000, <http://www.ftj.agh.edu.pl/~kulakowski/AC/>
- K. Malarz, *Automaty komórkowe. Notatki do wykładu*, <http://www.zis.agh.edu.pl/ak/>
- S. Kulesza, *Symulacje komputerowe*, <http://www.wmii.uwm.edu.pl/~kulesza/symulacje-komputerowe/>
- P. Prusinkiewicz, A. Lindenmayer, *The Algorithmic Beauty of Plants*, <http://algorithmicbotany.org/papers/#abop>
- S. Wolfram, *A new kind of science*, <http://www.wolframscience.com/nksonline/toc.html>