



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

Zastosowania Metod Inteligencji Obliczeniowej

Tomasz Pawlak



Plan prezentacji

- Sprawy organizacyjne
- Wprowadzenie do metod inteligencji obliczeniowej
- Studium wybranych przypadków zastosowań IO

Dane kontaktowe

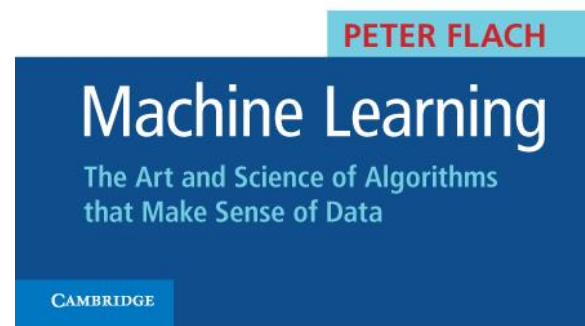
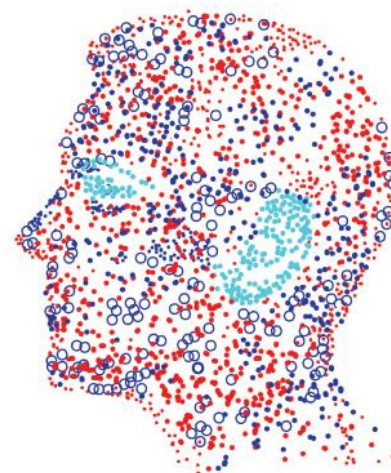
- Tomasz.Pawlak@cs.put.poznan.pl
- www.cs.put.poznan.pl/tpawlak
- Pokój: 1.6.6 BT
- Konsultacje:
 - Piątek 9:30 – 11:00
 - Lepiej: umawiać się mailowo

Plan wykładu

- Studium wybranych przypadków zastosowań IO
- Uczenie maszynowe
 - Paradygmaty uczenia maszynowego
 - Wybrane metody uczenia maszynowego
- Programowanie genetyczne
 - Podstawowe sformułowanie
 - Rozszerzenia

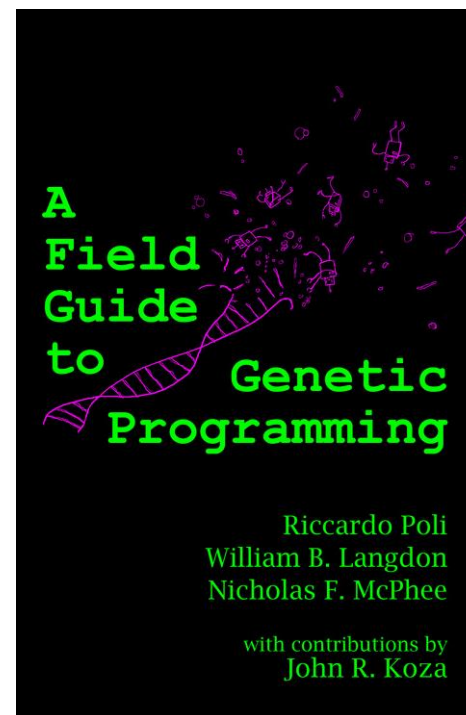
Bibliografia: uczenie maszynowe

- Peter Flach, *Machine Learning: The Art and Science of Algorithms that Make Sense of Data*, Cambridge University Press, 2012



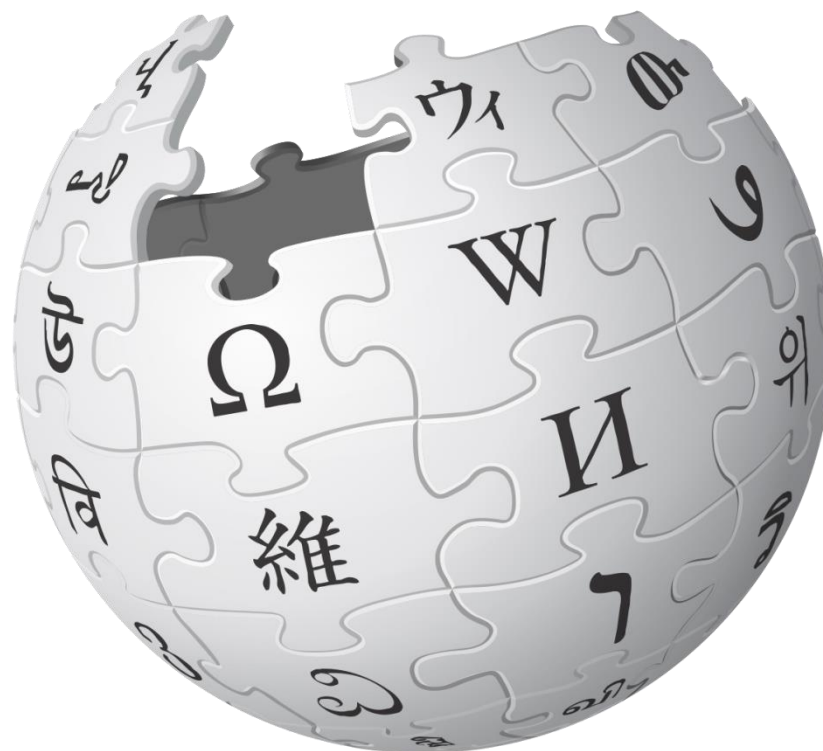
Bibliografia: programowanie genetyczne

- Riccardo Poli, William B. Langdon, Nicholas F. McPhee, *A Field Guide to Genetic Programming*, lulu.com, 2008
- <http://www.gp-field-guide.org.uk/>



Bibliografia

- Wikipedia!
 - Ale raczej angielska



Zakres laboratorium

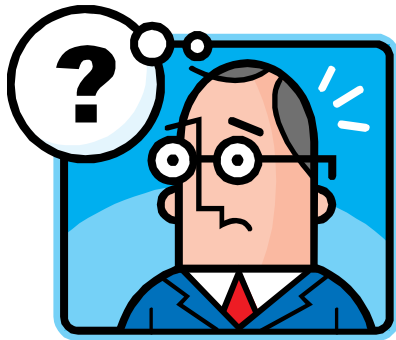
- Klasyfikatory drzewiaste
- Klasyfikatory regułowe
- Regresja symboliczna

Zasady zaliczenia

- Wykład
 - Test
 - Obecność nieobowiązkowa

- Laboratorium
 - Realizacja trzech projektów ćwiczeniowych

Pytania?



Co to jest „inteligencja obliczeniowa”?

Co to jest „inteligencja obliczeniowa”?

- Inteligencja Obliczeniowa (ang. Computational Intelligence, CI)
 - Zbiór inspirowanych biologicznie metod uczenia się
 - Budowa modeli procesów rzeczywistych
 - Wspólna cecha
 - Uczenie z niedokładnych, niepewnych lub częściowych danych
 - Stosowane tam, gdzie klasyczne metody (ręcznego) modelowania nie sprawdzają się

Inteligencja sztuczna vs obliczeniowa

Inteligencja sztuczna vs obliczeniowa

Inteligencja sztuczna

- ➔ Obliczenia twarde
(ang. hard computing)

Inteligencja sztuczna vs obliczeniowa

Inteligencja sztuczna

- Obliczenia twarde
(ang. hard computing)
- Logika binarna
 - Prawda i fałsz

Inteligencja sztuczna vs obliczeniowa

Inteligencja sztuczna

- Obliczenia twarde
(ang. hard computing)
- Logika binarna
 - Prawda i fałsz
- Wiedza kodowana ręcznie

Inteligencja sztuczna vs obliczeniowa

Inteligencja sztuczna

- Obliczenia twarde
(ang. hard computing)
- Logika binarna
 - Prawda i fałsz
- Wiedza kodowana ręcznie
- Metody klasyczne

Inteligencja sztuczna vs obliczeniowa

Inteligencja sztuczna

- Obliczenia twarde
(ang. hard computing)
- Logika binarna
 - Prawda i fałsz
- Wiedza kodowana ręcznie
- Metody klasyczne
- Siłowe przeszukiwanie

Inteligencja sztuczna vs obliczeniowa

Inteligencja sztuczna

- Obliczenia twarde
(ang. hard computing)
- Logika binarna
 - Prawda i fałsz
- Wiedza kodowana ręcznie
- Metody klasyczne
- Siłowe przeszukiwanie

Inteligencja obliczeniowa

- Obliczenia miękkie
(ang. soft computing)

Inteligencja sztuczna vs obliczeniowa

Inteligencja sztuczna

- Obliczenia twarde
(ang. hard computing)
- Logika binarna
 - Prawda i fałsz
- Wiedza kodowana ręcznie
- Metody klasyczne
- Siłowe przeszukiwanie

Inteligencja obliczeniowa

- Obliczenia miękkie
(ang. soft computing)
- Logika rozmyta
 - Prawdopodobieństwa
 - Współczynniki pewności itp.

Inteligencja sztuczna vs obliczeniowa

Inteligencja sztuczna

- Obliczenia twarde
(ang. hard computing)
- Logika binarna
 - Prawda i fałsz
- Wiedza kodowana ręcznie
- Metody klasyczne
- Siłowe przeszukiwanie

Inteligencja obliczeniowa

- Obliczenia miękkie
(ang. soft computing)
- Logika rozmyta
 - Prawdopodobieństwa
 - Współczynniki pewności itp.
- Odkrywanie wiedzy z danych

Inteligencja sztuczna vs obliczeniowa

Inteligencja sztuczna

- Obliczenia twarde
(ang. hard computing)
- Logika binarna
 - Prawda i fałsz
- Wiedza kodowana ręcznie
- Metody klasyczne
- Siłowe przeszukiwanie

Inteligencja obliczeniowa

- Obliczenia miękkie
(ang. soft computing)
- Logika rozmyta
 - Prawdopodobieństwa
 - Współczynniki pewności itp.
- Odkrywanie wiedzy z danych
- Symulacja procesów naturalnych

Inteligencja sztuczna vs obliczeniowa

Inteligencja sztuczna

- Obliczenia twarde
(ang. hard computing)
- Logika binarna
 - Prawda i fałsz
- Wiedza kodowana ręcznie
- Metody klasyczne
- Siłowe przeszukiwanie

Inteligencja obliczeniowa

- Obliczenia miękkie
(ang. soft computing)
- Logika rozmyta
 - Prawdopodobieństwa
 - Współczynniki pewności itp.
- Odkrywanie wiedzy z danych
- Symulacja procesów naturalnych
- Symulacja inteligencji ludzkiej

Inteligencja obliczeniowa vs uczenie maszynowe

Inteligencja obliczeniowa

- Obliczenia miękkie
(ang. soft computing)
- Logika rozmyta
 - Prawdopodobieństwa
 - Współczynniki pewności itp.
- Odkrywanie wiedzy z danych
- Symulacja procesów naturalnych
- Symulacja inteligencji ludzkiej

Inteligencja obliczeniowa vs uczenie maszynowe

Inteligencja obliczeniowa

- Obliczenia miękkie (ang. soft computing)
- Logika rozmyta
 - Prawdopodobieństwa
 - Współczynniki pewności itp.
- Odkrywanie wiedzy z danych
- Symulacja procesów naturalnych
- Symulacja inteligencji ludzkiej

Uczenie maszynowe

- Obliczenia miękkie (ang. soft computing)

Inteligencja obliczeniowa vs uczenie maszynowe

Inteligencja obliczeniowa

- Obliczenia miękkie (ang. soft computing)
- Logika rozmyta
 - Prawdopodobieństwa
 - Współczynniki pewności itp.
- Odkrywanie wiedzy z danych
- Symulacja procesów naturalnych
- Symulacja inteligencji ludzkiej

Uczenie maszynowe

- Obliczenia miękkie (ang. soft computing)
- Logika rozmyta
 - Prawdopodobieństwa
 - Współczynniki pewności itp.

Inteligencja obliczeniowa vs uczenie maszynowe

Inteligencja obliczeniowa

- Obliczenia miękkie (ang. soft computing)
- Logika rozmyta
 - Prawdopodobieństwa
 - Współczynniki pewności itp.
- Odkrywanie wiedzy z danych
- Symulacja procesów naturalnych
- Symulacja inteligencji ludzkiej

Uczenie maszynowe

- Obliczenia miękkie (ang. soft computing)
- Logika rozmyta
 - Prawdopodobieństwa
 - Współczynniki pewności itp.
- Odkrywanie wiedzy z danych

Inteligencja obliczeniowa vs uczenie maszynowe

Inteligencja obliczeniowa

- Obliczenia miękkie (ang. soft computing)
- Logika rozmyta
 - Prawdopodobieństwa
 - Współczynniki pewności itp.
- Odkrywanie wiedzy z danych
- Symulacja procesów naturalnych
- Symulacja inteligencji ludzkiej

Uczenie maszynowe

- Obliczenia miękkie (ang. soft computing)
- Logika rozmyta
 - Prawdopodobieństwa
 - Współczynniki pewności itp.
- Odkrywanie wiedzy z danych
- Metody bazujące na statystyce

Inteligencja obliczeniowa vs uczenie maszynowe

Inteligencja obliczeniowa

- Obliczenia miękkie (ang. soft computing)
- Logika rozmyta
 - Prawdopodobieństwa
 - Współczynniki pewności itp.
- Odkrywanie wiedzy z danych
- Symulacja procesów naturalnych
- Symulacja inteligencji ludzkiej

Uczenie maszynowe

- Obliczenia miękkie (ang. soft computing)
- Logika rozmyta
 - Prawdopodobieństwa
 - Współczynniki pewności itp.
- Odkrywanie wiedzy z danych
- Metody bazujące na statystyce
- Maksymalizacja sztucznych współczynników jakości

Filary inteligencji obliczeniowej

- Logika rozmyta
- Sztuczne sieci neuronowe
- Obliczenia ewolucyjne
- Teoria uczenia
- Metody probabilistyczne

Logika rozmyta (ang. fuzzy logic)

Logika rozmyta (ang. fuzzy logic)

➤ „Nic nie jest czarne albo białe, istnieją odcienie szarości”

Logika rozmyta (ang. fuzzy logic)

- „Nic nie jest czarne albo białe, istnieją odcienie szarości”
- Typy danych bazujące na liczbach rzeczywistych
 - Zmienne losowe
 - Prawdopodobieństwa
 - Współczynniki pewności

Logika rozmyta (ang. fuzzy logic)

- „Nic nie jest czarne albo białe, istnieją odcienie szarości”
- Typy danych bazujące na liczbach rzeczywistych
 - Zmienne losowe
 - Prawdopodobieństwa
 - Współczynniki pewności
- Metody pomiaru
 - Niepewności
 - Szumu w danych

Logika rozmyta (ang. fuzzy logic)

- „Nic nie jest czarne albo białe, istnieją odcienie szarości”
- Typy danych bazujące na liczbach rzeczywistych
 - Zmienne losowe
 - Prawdopodobieństwa
 - Współczynniki pewności
- Metody pomiaru
 - Niepewności
 - Szumu w danych
- Wnioskowanie przybliżone

Logika rozmyta (ang. fuzzy logic)

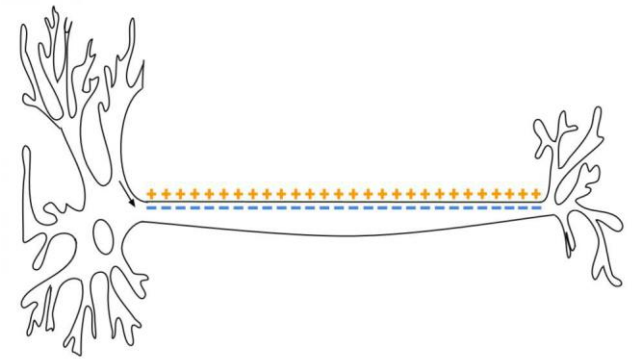
- „Nic nie jest czarne albo białe, istnieją odcienie szarości”
- Typy danych bazujące na liczbach rzeczywistych
 - Zmienne losowe
 - Prawdopodobieństwa
 - Współczynniki pewności
- Metody pomiaru
 - Niepewności
 - Szumu w danych
- Wnioskowanie przybliżone
- Odporność na błędy
 - Np.: niewielkie różnice w danych

Sztuczne sieci neuronowe (ang. artificial neural networks)

Sztuczne sieci neuronowe (ang. artificial neural networks)

➤ Neuron

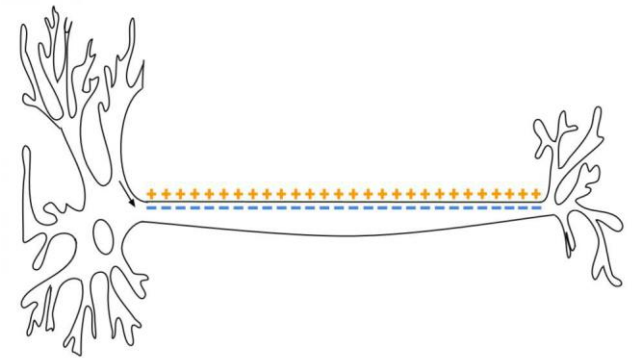
- Wiele wejść
- Jedno wyjście
- Funkcja przejścia/aktywacji
- Symulacja działania neuronu naturalnego

flaticon.com

Sztuczne sieci neuronowe (ang. artificial neural networks)

➤ Neuron

- Wiele wejść
- Jedno wyjście
- Funkcja przejścia/aktywacji
- Symulacja działania neuronu naturalnego



➤ Sieć neuronowa

- Graf powiązań między neuronami
- Wyjścia neuronów powiązane z wejściami innych neuronów
- Niepowiązane wejścia i wyjścia służą za wejście/wyjście sieci
- Symulacja działania mózgu

Zastosowania sieci neuronowych

- Analiza danych, klasyfikacja i regresja
- Pamięć asocjacyjna (skojarzeniowa)
- Detekcja wzorców i klastrowanie
- Systemy autonomicznej kontroli

Obliczenia ewolucyjne

Obliczenia ewolucyjne

➤ Symulacja ewolucji naturalnej

Obliczenia ewolucyjne

- Symulacja ewolucji naturalnej
- Populacja osobników (rozwiązań)

Obliczenia ewolucyjne

- Symulacja ewolucji naturalnej
- Populacja osobników (rozwiązań)
- Selekcja naturalna

Obliczenia ewolucyjne

- Symulacja ewolucji naturalnej
- Populacja osobników (rozwiązań)
- Selekcja naturalna
 - Przetrawanie najlepiej dopasowanych

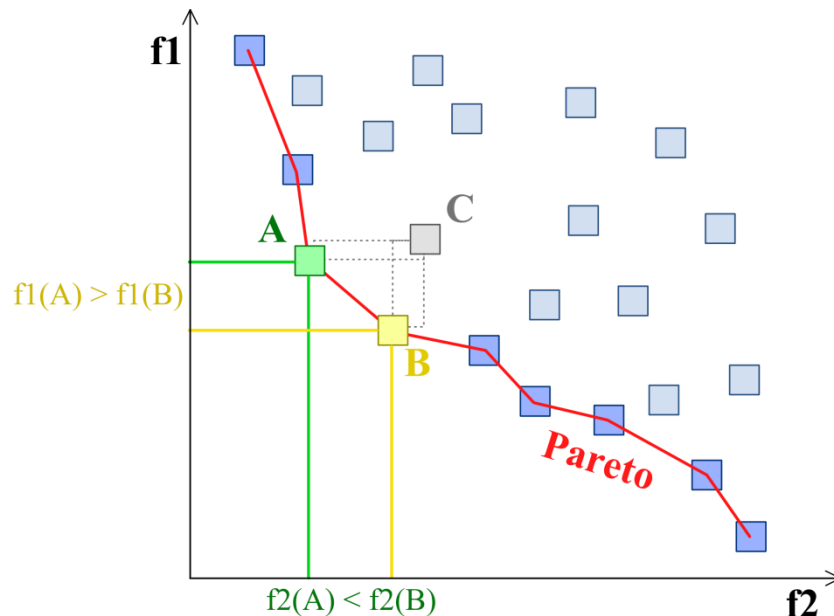
Obliczenia ewolucyjne

- Symulacja ewolucji naturalnej
- Populacja osobników (rozwiązań)
- Selekcja naturalna
 - Przetrawanie najlepiej dopasowanych
- Operacje genetyczne
 - Krzyżowanie rozwiązań
 - Tworzenie rozwiązań łączących cechy innych osobników
 - Mutacja rozwiązań
 - Drobna zmiana cech rozwiązania

Zastosowania obliczeń ewolucyjnych

- Symulacja procesów populacyjnych
- Optymalizacja heurystyczna
 - Bez gwarancji znalezienie optimum
- Optymalizacja wielokryterialna
 - Poszukiwanie rozwiązania minimalizującego wiele kryteriów
 - Zazwyczaj takie rozwiązanie nie istnieje
 - Występuje przetarg między kryteriami
 - Poszukiwanie rozwiązania niezdominowanego
 - Nie gorszego od pozostałych na wszystkich kryteriach

Front Pareto



- Dwa minimalizowane kryteria
- A i B są niezdominowane
 - Nie istnieje rozwiązanie nie gorsze na każdym kryterium
- A i B są nieporównywalne
- C jest ściśle gorsze od A i B

Teoria uczenia (ang. learning theory)

- Zapożyczenie z psychologii i kognitywistyki
- Ogół metod symulujących ludzkie uczenie
 - Zapamiętywanie
 - Powtarzanie
 - Detekcja i utrwalanie częstych wzorców
 - Uwzględnianie kontekstu (stanu środowiska)
 - Uwzględnianie wcześniejszych doświadczeń

Metody probabilistyczne

- Narzędzia zapożyczone ze statystyki
 - Analiza losowości
 - Analiza częstości występowania
 - Analiza powiązań między zmiennymi
 - Np.: korelacji
- Służą realizacji zadań logiki rozmytej

Przykłady zastosowań CI





mite

container ship

motor scooter

leopard

| | | | |
|-------------|-------------------|---------------|--------------|
| | | | |
| mite | container ship | motor scooter | leopard |
| black widow | lifeboat | go-kart | jaguar |
| cockroach | amphibian | moped | cheetah |
| tick | fireboat | bumper car | snow leopard |
| starfish | drilling platform | golfcart | Egyptian cat |



grille



mushroom



cherry



Madagascar cat

| | | | |
|-------------|--------------------|------------------------|-----------------|
| | | | |
| convertible | agaric | dalmatian | squirrel monkey |
| grille | mushroom | grape | spider monkey |
| pickup | jelly fungus | elderberry | titi |
| beach wagon | gill fungus | ffordshire bullterrier | indri |
| fire engine | dead-man's-fingers | currant | howler monkey |

Detekcja zawartości obrazu

Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever, Geoffrey E. Hinton, ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks



Boston Dynamics

Autonomiczny robot

Atlas – Boston Dynamics



Boty gier wykorzystujące informacje wizualne

Michał Kempka, Grzegorz Runc, Jakub Toczek, Marek Wydmuch, Wojciech Jaśkowski, VizDoom,
Instytut Informatyki Politechnika Poznańska



Pojazd autonomiczny

„Stanley” – zwycięzca DARPA Grand Challenge 2005, dystans: 212,4km, czas: 6:54h.

Pytania?

