

Algorytmy ewolucyjne

Zasady zaliczenia przedmiotu

- Prowadzący (wykład i pracownia specjalistyczna): Wojciech Kwedło, pokój 205.
 - Konsultacje dla studentów studiów dziennych: poniedziałek, środa, godz 10:15-12:00
- Pracownia specjalistyczna: projekt ilustrujący zastosowania algorytmów ewolucyjnych, grupy 2-3 osobowe, obrona projektu.
- Wykład (zaliczenie wykładu z oceną): prosty test, podobnie jak w przypadku obliczeń równoległych.

Program wykładu z (syllabusa)

- 1 Wprowadzenie do metod optymalizacji. Optymalizacja globalna i lokalna.
- 2 Standardowy algorytm genetyczny. Selekcja. Operatory ewolucyjne.
- 3 Rozszerzenia algorytmu standardowego.
- 4 Strategie ewolucyjne i programowanie ewolucyjne.
- 5 Programowanie genetyczne
- 6 Zadania z ograniczeniami.
- 7 Algorytmy ewolucyjne – porady praktyczne.
- 8 Algorytmy ewolucyjne dla problemu komiwojagera.
- 9 Algorytmy ewolucyjne dla problemów kolorowania grafu i szeregowania.
- 10 Algorytmy ewolucyjne w uczeniu maszynowym.
- 11 Teoria algorytmów ewolucyjnych.
- 12 Algorytmy memetyczne.
- 13 Algorytmy ewolucyjne na maszynach równoległych.
- 14 Dobór parametrów algorytmu.
- 15 Powtórzenie. Przykładowe zadania na egzamin.

Literatura

1. Michalewicz Z., Algorytmy genetyczne + struktury danych=programy ewolucyjne, WNT, Warszawa 1996.
2. Arabas J., Wykłady z algorytmów ewolucyjnych, WNT Warszawa,2001
3. Goldberg, D. E.: Algorytmy genetyczne i ich zastosowania. WNT, Warszawa, 1995.
4. Michalewicz Z, Fogel D.B., Jak to rozwiązać, czyli nowoczesna heurystyka, WNT, Warszawa, 2006.

oraz dla ambitnych czasopisma naukowe, n.p.:

Evolutionary Computation, MIT Press

IEEE Transactions on Evolutionary Computation, IEEE

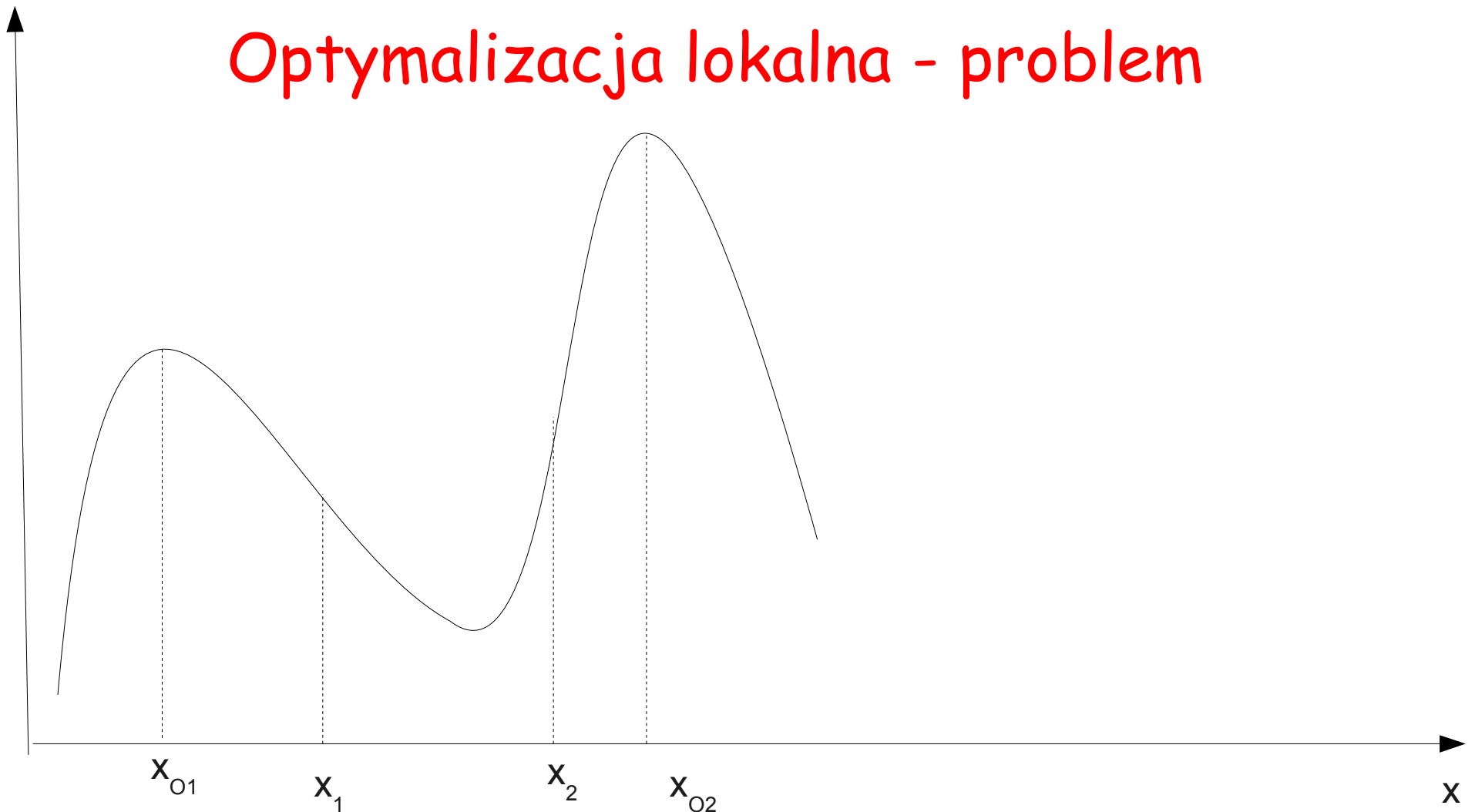
Evolutionary Intelligence, Springer

Optymalizacja lokalna



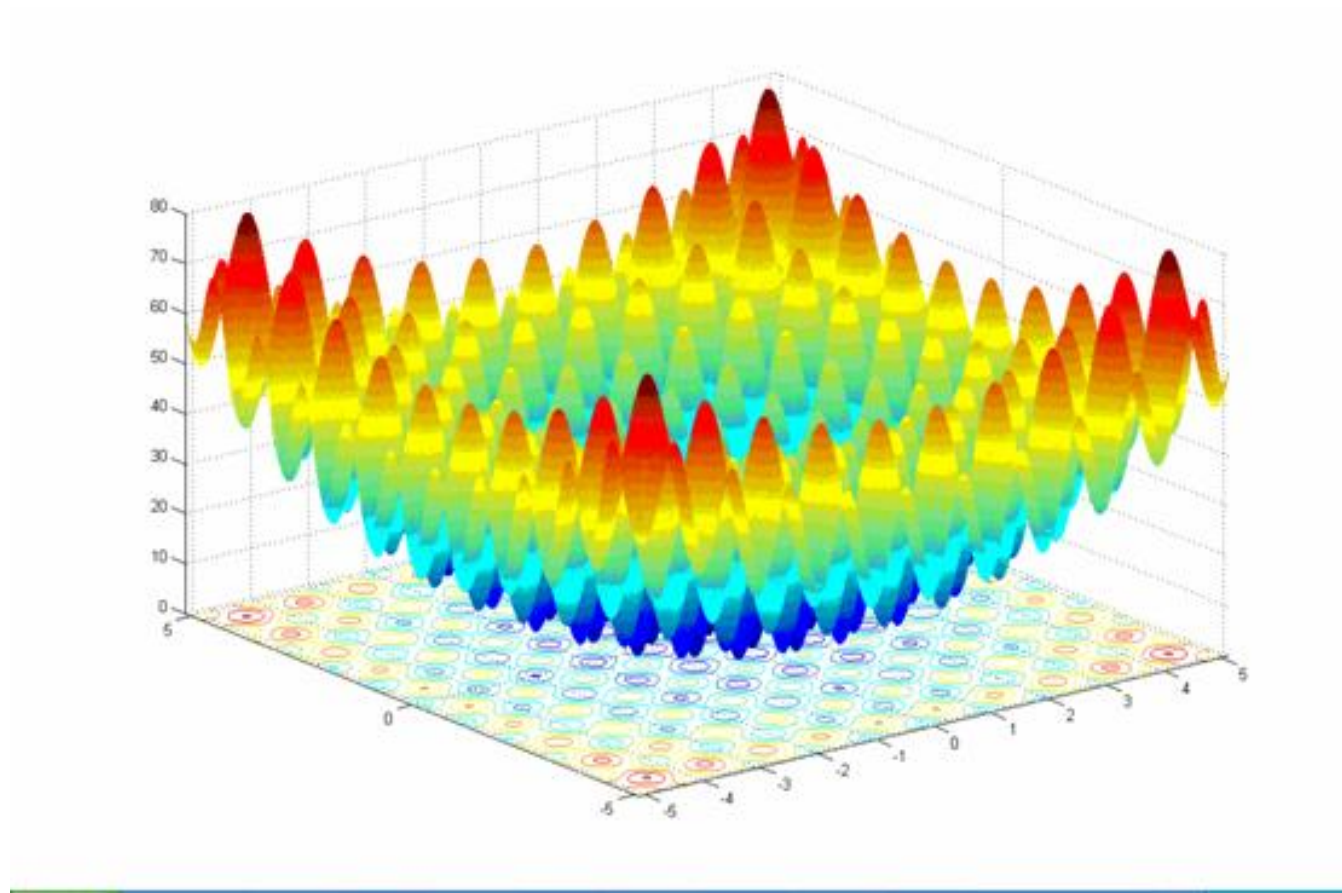
- Szukamy maksimum funkcji. Startujemy od punktu x_0 . Następnie w sąsiedztwie x_0 znajdujemy punkt o większej wartości funkcji celu. Powtarzamy poszukiwania do momentu, gdy w sąsiedztwie bieżącego punktu nie możemy znaleźć punktu o większej wartości funkcji celu. W ten sposób dochodzimy do punktu x_0 - lokalnego maximum funkcji $f(x)$, ale

Optymalizacja lokalna - problem



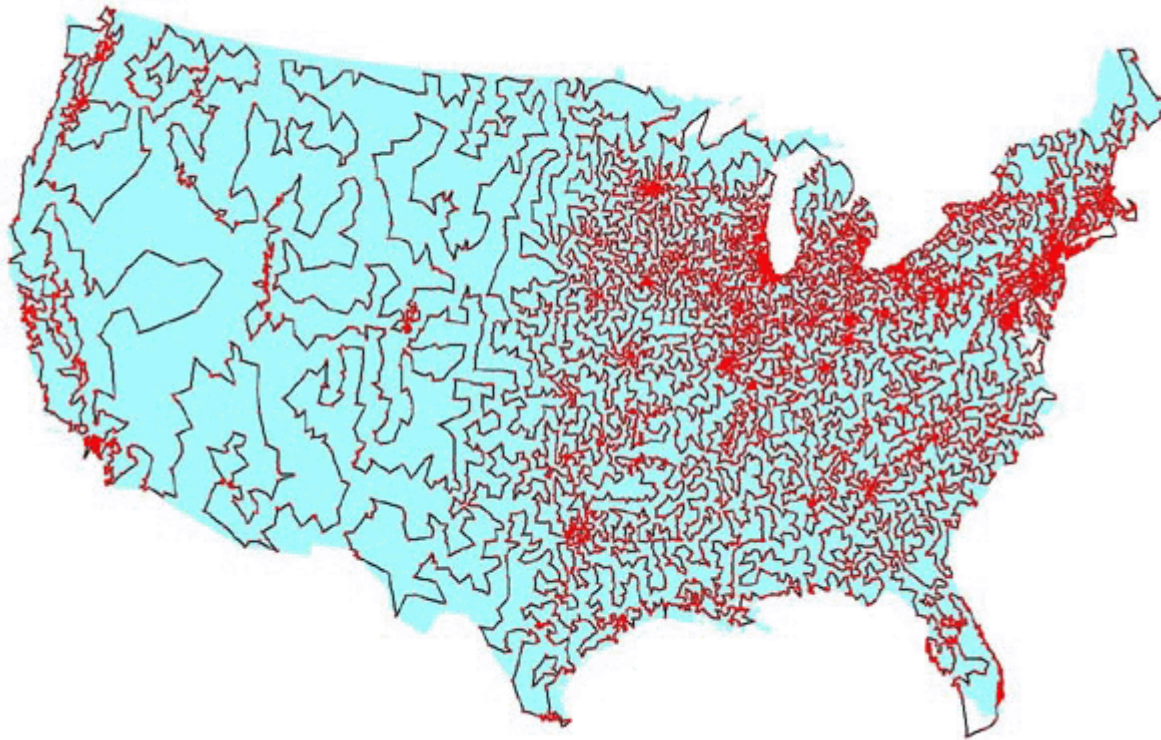
- W przypadku funkcji wielomodalnej (mającej więcej niż jedno optimum lokalne) wynik zależy od punktu startu. Startując z punktu x_2 znajdziemy maksimum globalne w punkcie x_{O2} , startując z x_1 ugrzęźniemy w maksimum lokalnym x_{O1} .

Funkcje naprawdę trudne do optymalizacji



- Dwuwymiarowa funkcja Rastrigina (szukamy tym razem minimum).
 $\min f(x_1, x_2); -5.12 \leq x_1, x_2 \leq 5.12.$ Globalne minimum $f(0,0)=0$
- Dla tego typu funkcji proste metody typu: „wykonaj kilka startów z losowych punktów początkowych na pewno nie sprawdzą się”

Optymalizacja dyskretna - problem komiwojażera



- Mamy współrzędne N miast. Komiwojażer musi odwiedzić wszystkie miasta dokładnie jeden raz i wrócić do punktu początkowego.
- Mając dane odległości między miastami szukamy najkrótszej trasy komiwojażera.
- $(N-1)!/2$ możliwych tras, najbardziej wyrafinowane algorytmy mają złożoność $O(2^N)$.
- Rysunek przedstawia rozwiązanie dla 13509 miast w USA.

Algorytmy ewolucyjne

- Tematyka związana z algorytmami ewolucyjnymi jest częścią dyscypliny informatyka (a nie biologia).
- Algorytmy ewolucyjne zostały zainspirowane procesem ewolucji zachodzącym w przyrodzie.
- Celem **jest** stworzenie narzędzia pozwalającego na rozwiązywanie problemów (których kilka przykładów podałem na poprzednich slajdach) - luźno wykorzystując inspiracje biologiczne.
- Celem **nie jest** możliwie jak najdokładniejsze modelowanie procesu ewolucji.

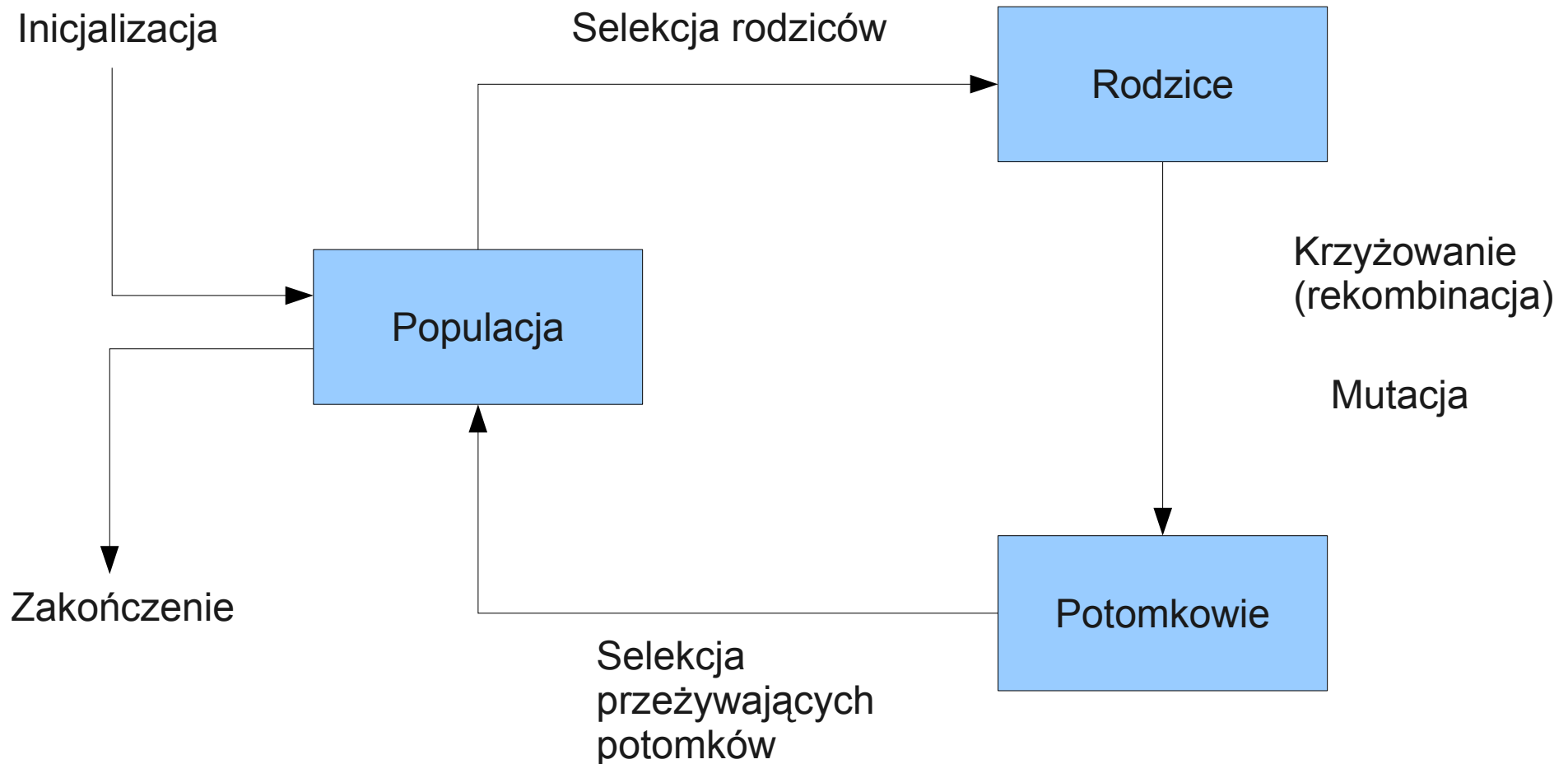
Ewolucja Darwinowska - przeżycie najbardziej dopasowanego (ang. survival of the fittest)

- Każde środowisko ma ograniczone zasoby (może utrzymać ograniczoną liczbę osobników)
- Osobniki żyjące w środowisku rozmnażają się.
- Z tego powodu jakaś forma selekcji jest konieczna.
- Osobniki, które najlepiej rywalizują o zasoby (najlepiej przystosowane do środowiska) mają największą szansę na rozmnożenie się.
- U potomstwa występują niewielkie losowe zmiany (mutacja), które mogą prowadzić do powstania osobników lepiej dopasowanych do środowiska.
- Oczywiście w wyniku zmian mogą powstać osobniki słabo dopasowane do środowiska, ale będą one miały małe szanse na przetrwanie i wydanie potomków.
- Wraz z upływem czasu dobór naturalny sprawia, że przystosowanie osobników w populacji rośnie.

Algorytmy ewolucyjne

- Należą do klasy metod „generuj-i-testuj”
- W odróżnieniu od klasycznych algorytmów optymalizacji, przetwarzających w danej chwili jeden punkt bazowy, algorytmy ewolucyjne operują na **populacji** rozwiązań (osobnik==rozwiązanie problemu).
- Operatory ewolucyjne (mutacja i rekombinacja) są źródłem zmian w populacji.
- Selekcja redukuje różnorodność i prowadzi do wzrostu dopasowania w populacji.
- Zakładamy że dana jest funkcja dopasowania (ang. fitness function) odwzorowująca przestrzeń osobników w zbiór liczb rzeczywistych (lub jego podzbiór, np w algorytmach genetycznych R^+)
- Cel: znalezienie osobnika o największym dopasowaniu

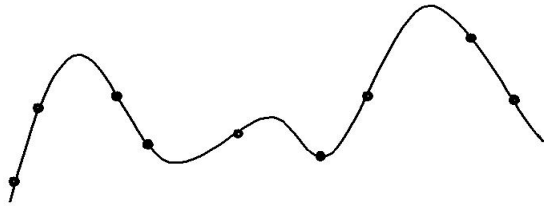
Schemat algorytmu ewolucyjnego (Eiben i Smith)



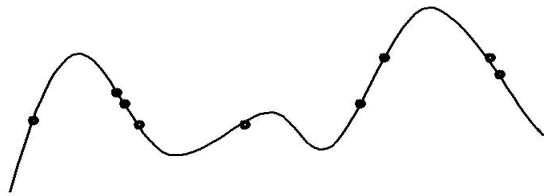
Pseudokod algorytmu ewolucyjnego (Eiben i Smith)

```
BEGIN
  INITIALISE population with random candidate solutions;
  EVALUATE each candidate;
  REPEAT UNTIL ( TERMINATION CONDITION is satisfied ) DO
    1 SELECT parents;
    2 RECOMBINE pairs of parents;
    3 MUTATE the resulting offspring;
    4 EVALUATE new candidates;
    5 SELECT individuals for the next generation;
  OD
END
```

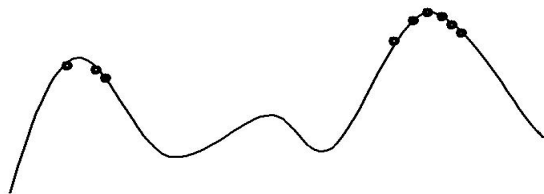
Typowy przebieg algorytmu optymalizującego funkcję jednej zmiennej



- Wczesna faza: losowa dystrybucja elementów populacji

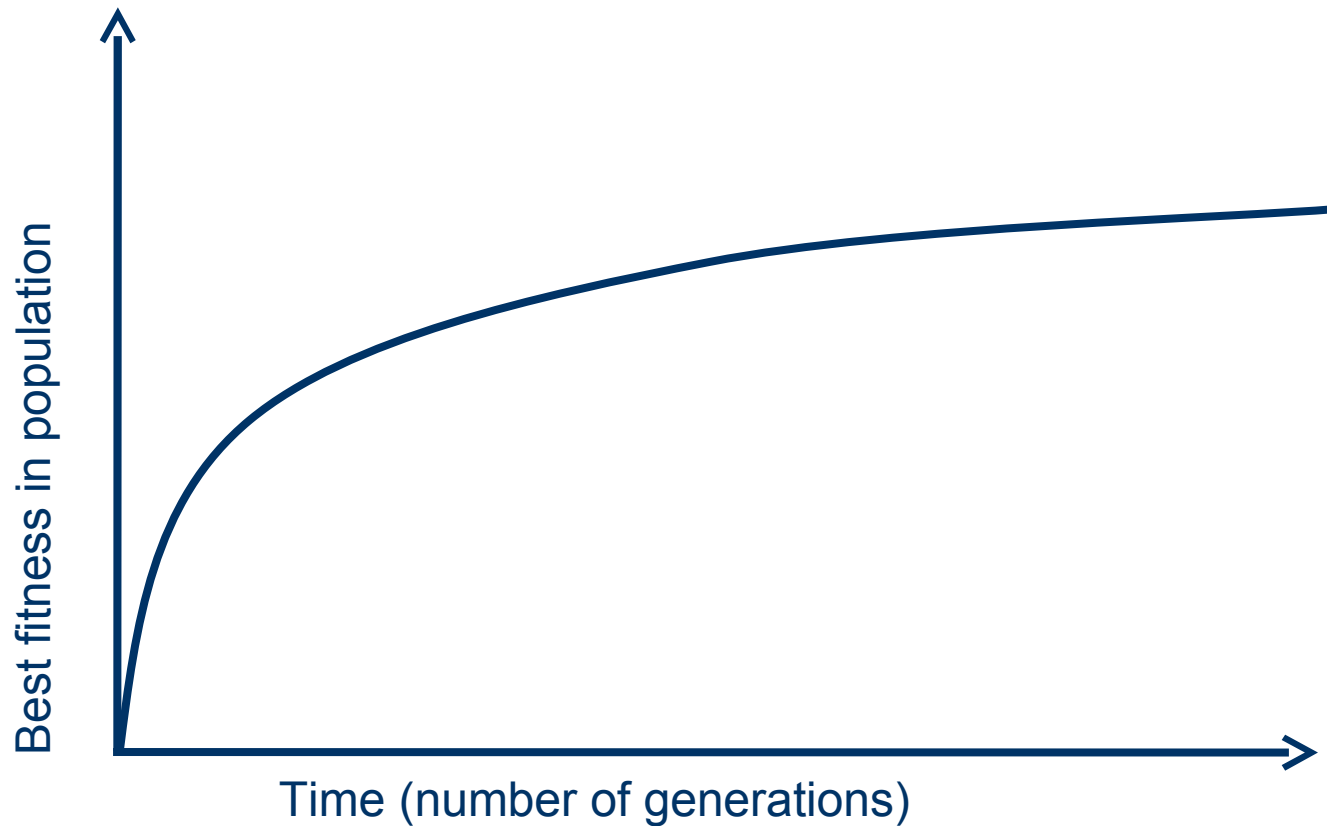


- Środkowa faza: populacja zgromadzona wokół maksimów lokalnych.



- Faza końcowa: populacja skoncentrowana na kilku maksimach funkcji dopasowania.

Typowy przebieg algorytmu



- Wzrost dopasowania wraz z upływem czasu; początkowo szybki następnie powolny

Typy algorytmów ewolucyjnych

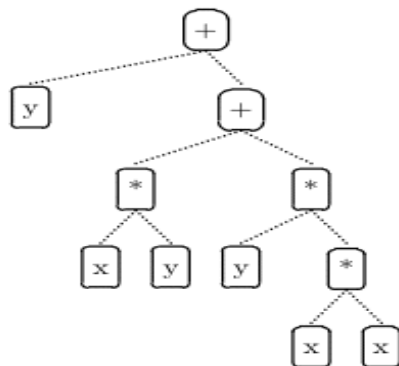
- Historycznie podział algorytmów ewolucyjnych był związany ze sposobem kodowania rozwiązań problemów.
- Algorytmy genetyczne: osobnik ma postać ciągu bitów o stałej długości.

00110100110101

- Strategie ewolucyjne, ewolucja różnicowa: osobnik jest wektorem liczb rzeczywistych:

$$x = [x_1, x_2, \dots, x_n], x_i \in \mathbb{R}$$

- Programowanie genetyczne: osobnik jest drzewem reprezentującym program komputerowy.



Problem optymalizacji dyskretnej z ograniczeniami - binarne zagadnienie plecakowe

- Dane jest N przedmiotów, z których każdy posiada
 - masę m_i
 - wartość w_i
- Dany jest plecak, który możemy umieścić elementy o sumarycznej masie M
- Jakie przedmioty zabrać do plecaka, tak aby sumaryczna wartość przedmiotów była jak największa ?

i	Nazwa	m_i	w_i
1	Zegarek	0.2	10
2	Buty	1	2
3	Spodnie	0.5	2
4	Czapka	0.2	1
5	Kurtka	1	3
6	Piwo	1	1

$M=2$

Zagadnienie plecakowe: sformułowanie

i	Nazwa	m_i	w_i
1	Zegarek	0.2	10
2	Buty	1	2
3	Spodnie	0.5	2
4	Czapka	0.2	1
5	Kurtka	1	3
6	Piwo	1	1

$M=2$

- Postać rozwiązania:

$$x = [x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6], x_i \in \{0, 1\}$$

- Optymalizowana funkcja:

$$f(x) = \sum_1^6 x_i * w_i$$

- Czy rozwiązanie $[0, 1, 0, 0, 1, 1]$ jest dopuszczalne ?

- Nie, gdyż nie spełnia ograniczenia

$$g(x) = \sum_1^6 x_i * m_i < M$$

Podsumowanie

- Algorytmy ewolucyjne charakteryzują się
 - użyciem populacji
 - użyciem stochastycznych operatorów przeszukiwania.
 - w szczególności operatorów operujących na więcej niż jednym osobniku (krzyżowanie)
 - reprodukcja i zastępowanie osobników w populacji oparte są na wartości funkcji dopasowania.
- Następny wykład: Standardowy Algorytm Genetyczny
 - Reprezentacja w postaci ciągów binarnych.
 - Mutacja i krzyżowanie.
 - Selekcja proporcjonalna przy pomocy koła ruletki.