

ALGORYTMY GENETYCZNE

(wykład + ćwiczenia)

Prof. dr hab. Krzysztof Dems

Opis i cel przedmiotu:

Zadaniem przedmiotu jest zapoznanie studentów z podstawami algorytmów genetycznych i ewolucyjnych oraz sztucznych sieci neuronowych wykorzystywanych do rozwiązywania szerokiej klasy problemów z zakresu techniki i zarządzania oraz praktyczna komputerowo-zorientowana implementacja omawianych zagadnień.

Treści programowe:

1. Metody rozwiązywania problemów matematycznych i informatycznych.
2. Elementarny algorytm genetyczny.
3. Reprezentacja danych w algorytmie genetycznym, kodowanie binarne i rzeczywiste.
4. Operatory genetyczne i ewolucyjne.
5. Funkcja przystosowania i jej charakterystyka.
6. Metody rozwiązania zadania optymalizacji z ograniczeniami z wykorzystaniem algorytmu genetycznego (ewolucyjnego)
7. Wprowadzenie do problemu sieci neuronowe.
8. Sztuczne neurony i ich funkcje aktywacji
9. Uczenie i walidacja jednokierunkowych sieci neuronowych
10. Wykorzystanie sieci neuronowych do rozwiązania problemów klasyfikacji i regresji.

Literatura:

- T. Gwiazda, ALGORYTMY GENETYCZNE i SZTUCZNA INTELIGENCJA, Biblioteka Sztucznej Inteligencji, Warszawa, 1995
- J. Cytowski, ALGORYTMY GENETYCZNE i SZTUCZNA INTELIGENCJA – Podstawy i zastosowania, Akademicka Oficyna Wydawnicza, Warszawa, 1996
- D. E. Goldberg, ALGORYTMY GENETYCZNE i SZTUCZNA INTELIGENCJA i ich zastosowania, WNT, Warszawa, 1998
- Z. Michalewicz, Algorytmy genetyczne + struktury danych = programy ewolucyjne, WNT, 1999
- S. Osowski. Sieci neuronowe w ujęciu algorytmicznym. WNT, Warszawa 1997.
- K. Dems, Materiały pomocnicze do wykładu,

Kryteria zaliczania i oceniania:

1. Warunkiem zaliczenia przedmiotu są zaliczone wykład i ćwiczenia.
2. Ocena końcowa dla przedmiotu składa się w 50% z oceny zaliczeniowej ćwiczeń i w 50% z oceny zaliczeniowej wykładu. W przypadku aktywności podczas zajęć pozytywne oceny częściowe z części ćwiczeniowej i wykładowej mogą być zwiększone.
3. Oceny 2 i 2.5 są ocenami negatywnymi, oceny 3, 3.5, 4, 4.5 i 5 są ocenami pozytywnymi.

Metody rozwiązywania problemów matematycznych i informatycznych

Rzeczywistość \Rightarrow Model fizyczny \Rightarrow Model matematyczny



Rozwiązanie



{
* Jedno lub wiele równań
* Problem optymalizacyjny
(min. lub max.)

Co to znaczy: Problem optymalizacyjny ?

OPTYMALIZACJA:

Dziedzina nauki zajmująca się metodami wyboru najlepszych z określonego punktu widzenia rozwiązań wszelkich działań człowieka.

Podstawowe dziedziny zastosowań:

- Zarządzanie i administracja
- Zagadnienia przydziału i rozmieszczenia
- Identyfikacja cech zjawisk, procesów, wyrobów
- Projektowanie procesów, układów, konstrukcji
- Optymalne sterowanie

PODSTAWOWE POJĘCIA OPTIMALIZACJI:

- Zmienne decyzyjne (*lub inaczej* zmienne projektowania) – **opisują rozwiązanie;**

$$\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$$

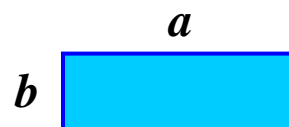
- Funkcja celu (*lub inaczej* wskaźnik jakości) – **określa „dobroć” (jakość) rozwiązania;**

$$f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$$

- Ograniczenia – **wyznaczają obszar dopuszczalny, w którym może leżeć rozwiązanie.**

$$g_i(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \leq 0 \quad i=1, 2, 3, \dots, m$$

- Parametry – **wielkości stałe dla każdego rozwiązania problemu.**

Przykład:**Obiekt:** prostokąt o bokach a i b :**Zmienne projektowania:** długości boków $x_1 = a$ i $x_2 = b$.

Funkcja celu: pole powierzchni: $f(a,b) = a \cdot b \rightarrow \max$. (im pole większe, lecz ciągle spełniające ograniczenia tym rozwiązanie lepsze)

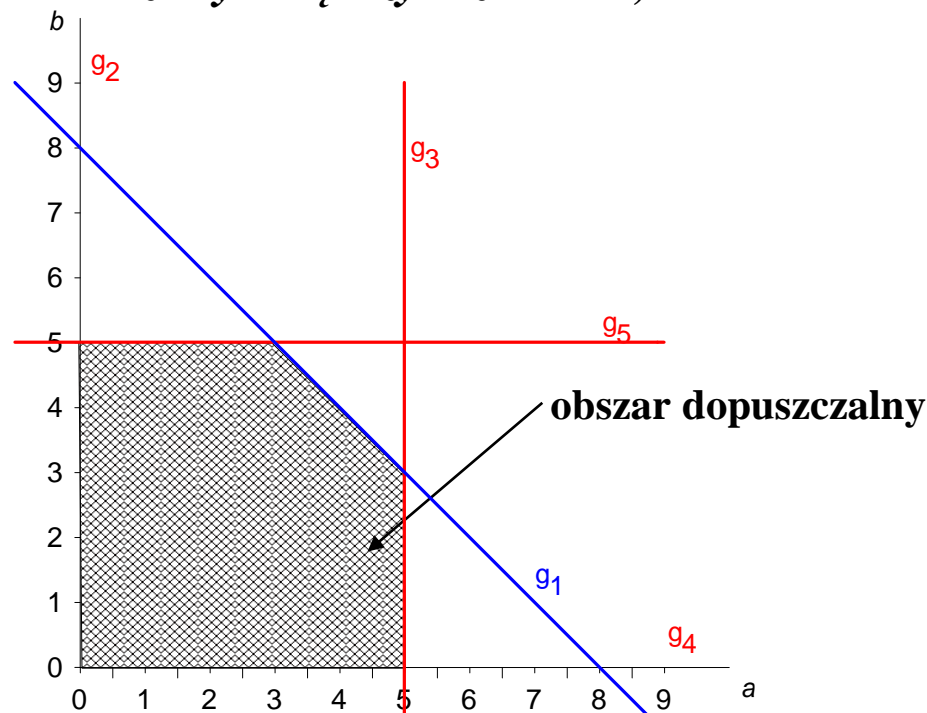
Ograniczenia:
 $g_1(a,b) = 2a + 2b \leq 16$ (obwód prostokąta nie może być większy niż 16 cm.)

$$g_2(a,b) = a > 0$$

$$g_3(a,b) = a \leq 5$$

$$g_4(a,b) = b > 0$$

$$g_5(a,b) = b \leq 5$$



SFORMUŁOWANIE ZADANIA OPTYMALIZACJI:

Dane są:

1. Parametry zadania.
2. Wektor zmiennych decyzyjnych $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}^T$.
3. Funkcja celu f zależna od zmiennych decyzyjnych $f(x) = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$.
4. Zbiór funkcji ograniczeń zależnych od zmiennych decyzyjnych

$$g_i(x) = g_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad i = 1, 2, \dots, m.$$

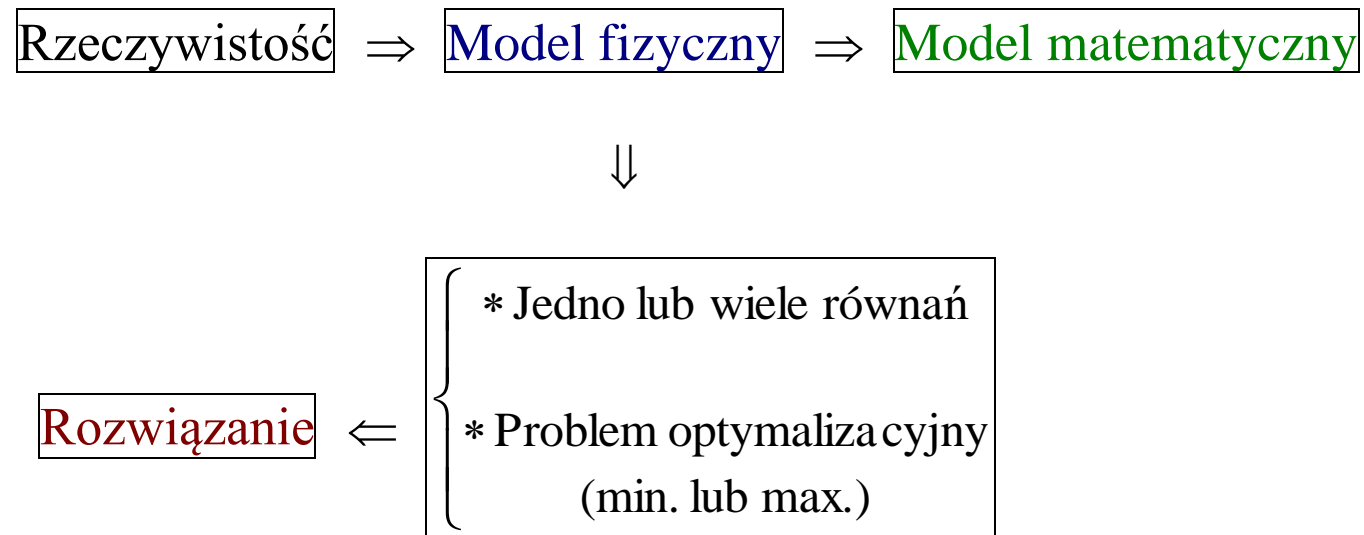
Znajdź minimum $f(x)$

przy spełnieniu ograniczeń:

$$g_i(x) \leq 0 \quad i = 1, 2, \dots, m$$

Nieraz poszukuje się maksimum funkcji celu \longrightarrow wtedy: $\max. f(x) = \min. [-f(x)]$

Metody rozwiązywania problemów matematycznych i informatycznych



Rozwiązywanie równań można sprowadzić do rozwiązania problemu optymalizacyjnego

$$f(x) = 0 \Leftrightarrow [f(x)]^2 \rightarrow \min.$$

lub

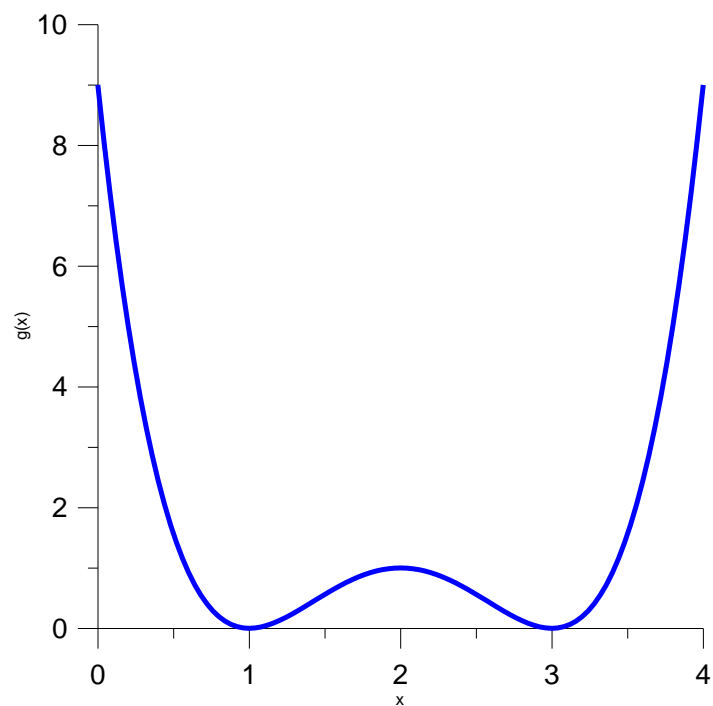
$$\begin{matrix} f_i(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0 \\ i = 1, 2, \dots, n \end{matrix} \Leftrightarrow \sum_{i=1}^n [f_i(x_1, x_2, \dots, x_n)]^2 \rightarrow \min.$$

Przykład:

$$x^2 - 4x + 3 = 0$$
$$(x_1 = 1, \quad x_2 = 3)$$

\Updownarrow

$$g(x) = (x^2 - 4x + 3)^2 \rightarrow \min.$$



Metody rozwiązania:

- Analityczne
- Enumeracyjne
- Losowe

Metody analityczne: nieskończona przestrzeń poszukiwań

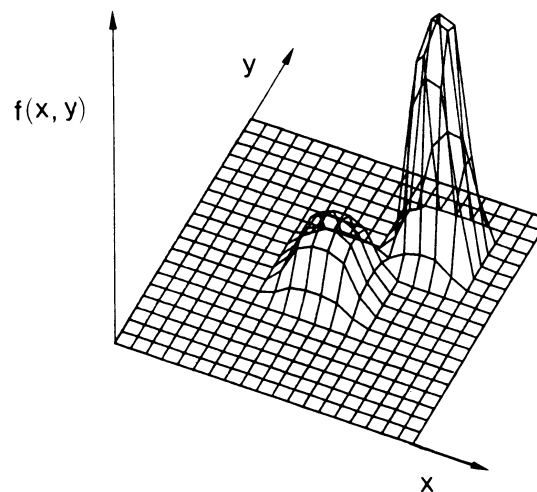
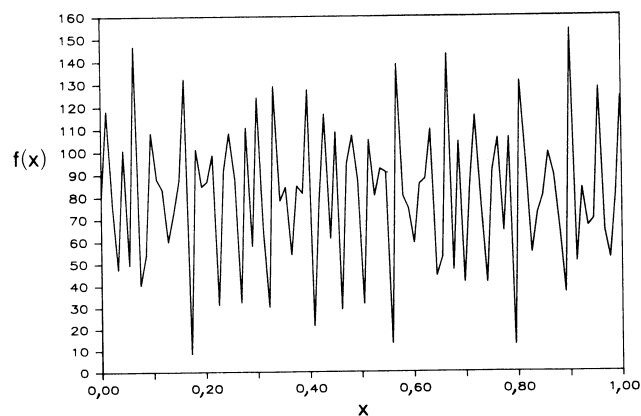
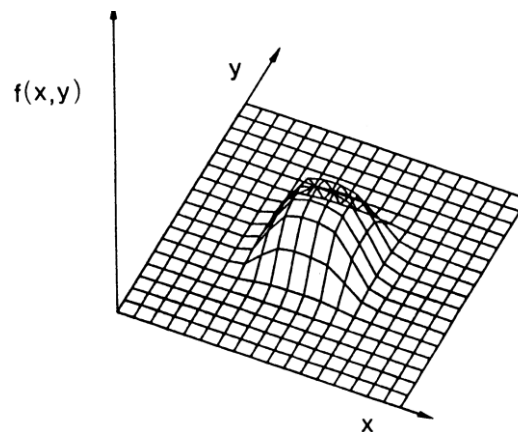
- (1) pośrednie
- (2) bezpośrednie

Ad. (1): poszukuje się lokalnych minimów rozwiązując układ równań wynikający z warunku zerowania się gradientu funkcji celu.

Ad. (2): ‘skakanie’ po wykresie funkcji w kierunku wskazywanym przez lokalny gradient w celu osiągnięcia lokalnego maximum (wierzchołka).

Wady:

- Zakres lokalny.
- Wymagana gładkość i ciągłość funkcji.



Metody enumeracyjne: skończona przestrzeń poszukiwań

Oblicza się kolejno wartości funkcji celu przeglądając **wszystkie możliwe** punkty przestrzeni.

Wady:

- Metoda nieefektywna wraz ze wzrostem rozmiaru problemu.

Niech będzie danych n niewiadomych, z których każda może przyjąć m wartości:

Ilość możliwych rozwiązań: m^n

Np.:

1. $n = 5$, $m = 10 \Rightarrow m^n = 10^5 = 100$ tys. rozwiązań.

1000 rozwiązań jest sprawdzanych w ciągu 1 sekundy \Rightarrow czas znalezienia rozwiązania: **100 sek.**

2. $n = 20$, $m = 10 \Rightarrow m^n = 10^{20} = 10^8$ bilionów rozwiązań.

1000 rozwiązań jest sprawdzanych w ciągu 1 sekundy \Rightarrow czas znalezienia rozwiązania: $3,17 \times 10^9$ lat.

Metody losowe: skończona przestrzeń poszukiwań

Oblicza się kolejno wartości funkcji celu przeglądając losowo wybrane punkty przestrzeni \Rightarrow czas znalezienia rozwiązania może być istotnie skrócony w porównaniu z metodami enumeracyjnymi.

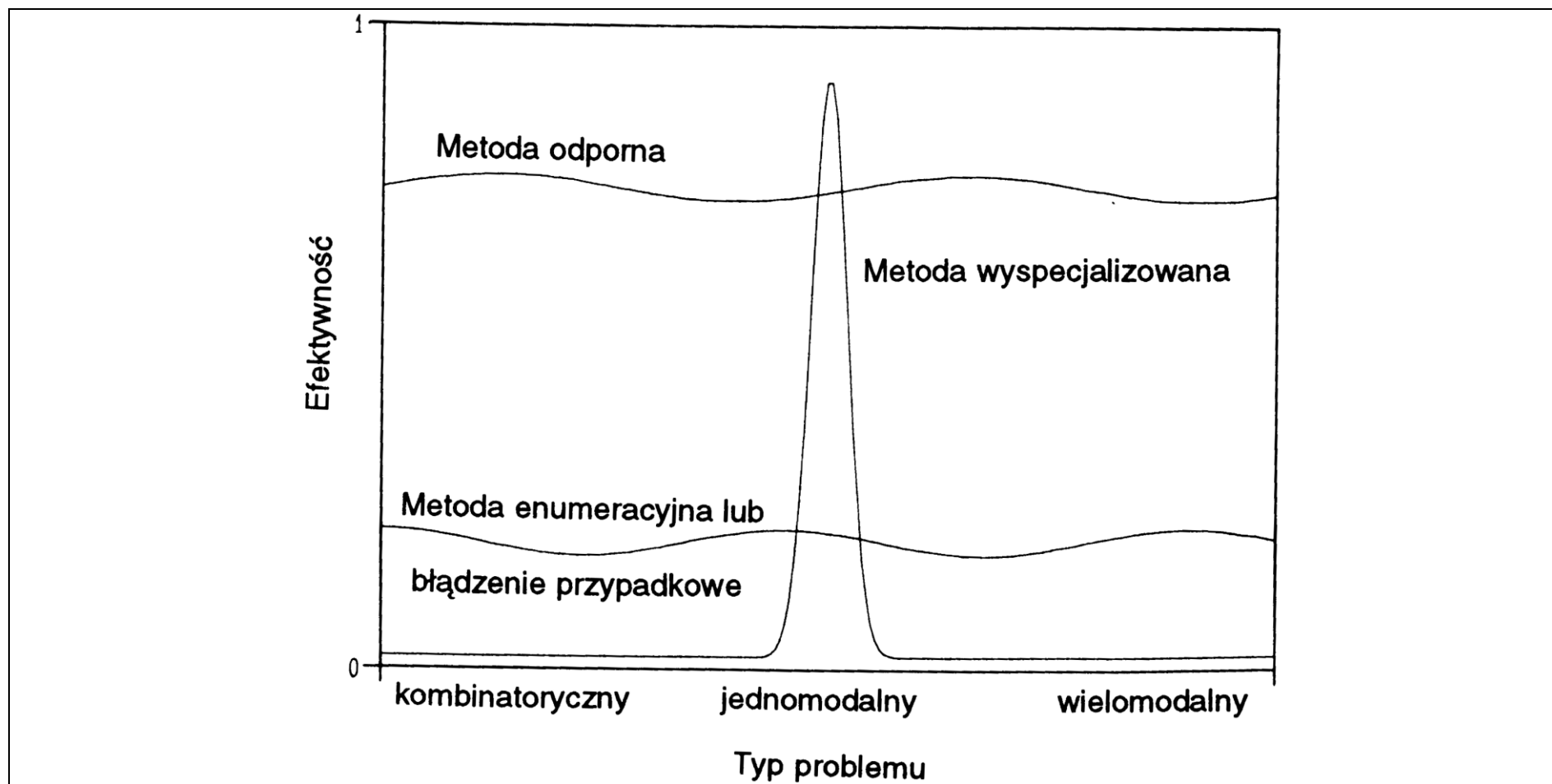
Cechy:

- Ocena jak największej liczby rozwiązań w różnych obszarach przestrzeni.
- Dokładne zbadanie najbardziej obiecujących obszarów.

Rodzaje:

- Metody czysto losowe – metoda *Monte Carlo*.
- Algorytmy genetyczne – wybór losowy jest traktowany jako „przewodnik” w prowadzeniu wysoce ukierunkowanego poszukiwania w przestrzeni rozwiązań.

Efektywność metod:



ALGORYTMY GENETYCZNE (AG)

Teoria AG powstała w oparciu o analogie do procesów obserwowanych w ewolucji naturalnej.

Przyroda ożywiona:

- W jądrach komórkowych żywych organizmów znajdują się łańcuchy genów (chromosomy) w których zakodowana jest informacja o strukturze danego organizmu.
- W wyniku krzyżowania się organizmów, dobieranych w wyniku selekcji, powstaje nowe potomstwo, któremu rodzice przekazują geny tworząc nową strukturę chromosomu – a więc informacje o strukturze organizmu który powstaje (*proces reprodukcji*).
- Pojawiający się rzadko proces mutacji zmienia łańcuch genów, a więc i strukturę organizmu (*proces reprodukcji*).

- Naturalna selekcja jest pomostem łączącym chromosomy i ‘jakość’ organizmów przez nie ‘opisywanych’.
- Reprodukacja jest momentem w którym następuje ewolucja organizmu.
- Ewolucja nie posiada pamięci – wiedza o metodzie stworzenia nowego organizmu zdolnego do wygrania walki ‘o przetrwanie’ jest zawarta w genach chromosomów przez nią wytwarzanych.

Algorytmy genetyczne:

- Początki zastosowań datują się od roku 1975.
- Za ojca AG jest uważany J. Holland, który postawił tezę, że poprzez odpowiednie zaimplementowanie procesów ewolucyjnych występujących w przyrodzie ożywionej w formie algorytmu komputerowego otrzymamy metodę rozwiązywania złożonych problemów tą samą drogą jaką kroczy natura – drogą ewolucji.

(J. Holland, „Adaptation In natural and artifical systems”, University of Michigan Press, 1975)

Co to jest algorytm genetyczny ?

To rodzaj losowego przeszukiwania heurystycznego **przestrzeni rozwiązań zadania**, które naśladuje występujące w przyrodzie naturalne procesy **dziedziczenia, selekcji, mutacji, i krzyżowania**, dokonując wyboru możliwie najlepszych rozwiązań powstałych w wyniku tych procesów, które są bazą dla utworzenia kolejnej generacji rozwiązań.

Klasyczny model algorytmu genetycznego

