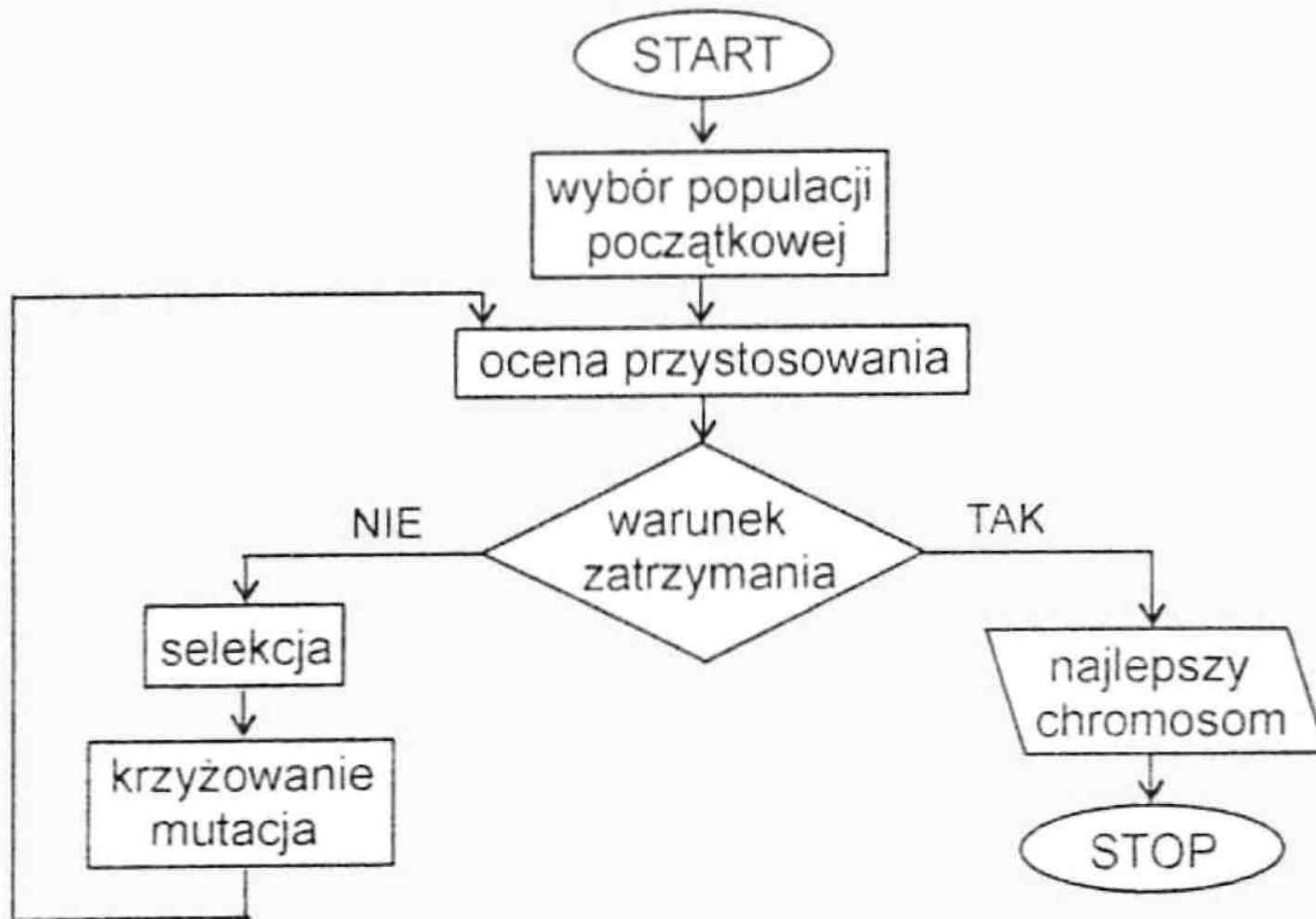


Algorytmy genetyczne

Materiały do laboratorium PSI

Studia niestacjonarne

Podstawowy algorytm genetyczny (PAG)



Schemat blokowy algorytmu genetycznego

Znaczenia, pochodzących z biologii i genetyki, pojęć w algorytmie

chromosom	łańcuch, ciąg uporządkowany genów; zakodowana postać potencjalnego rozwiązania (punktu przestrzeni poszukiwań)
gen	pojedynczy element chromosomu
allel	wartość genu; w PAG równa 0 lub 1
locus	pozycja (miejsce) genu w chromosomie
genotyp	zespół chromosomów danego osobnika; w PAG genotyp stanowi jeden chromosom
osobnik	potencjalne rozwiązanie (punkt przestrzeni poszukiwań); w postaci genotypu lub fenotypu
fenotyp	odpowiednik genotypu, czyli osobnik w formie nie zakodowanej; punkt przestrzeni poszukiwań, którego zakodowaną postacią jest chromosom (genotyp)
populacja	zbiór osobników (chromosomów) o określonej liczebności
przystosowanie	przystosowanie osobników w populacji, oceniane za pomocą tzw. <i>funkcji przystosowania</i> (nazywanej też <i>funkcją dopasowania</i> lub <i>funkcją oceny</i>)

Znaczenia, pochodzących z biologii i genetyki, pojęć w algorytmie

chromosom	łańcuch, ciąg uporządkowany genów; zakodowana postać potencjalnego rozwiązania (punktu przestrzeni poszukiwań)
gen	pojedynczy element chromosomu
allel	wartość genu; w PAG równa 0 lub 1
locus	pozycja (miejsce) genu w chromosomie
genotyp	zespół chromosomów danego osobnika; w PAG genotyp stanowi jeden c
osobnik	potencjalne rozwiązanie; w postaci genotypu
fenotyp	odpowiednik genotypu; punkt w przestrzeni poszukiwań; postać jest chromosomem
populacja	zbiór osobników
przystosowanie	przystosowanie do środowiska; funkcja przystosowania lub funkcja

selekcja	wybór, na ogół najlepiej przystosowanych osobników, do tzw. <i>populacji rodzicielskiej</i> , złożonej z chromosomów biorących udział w rekombinacji genów.
krzyżowanie	proces rekombinacji genów, prowadzący do powstania nowych chromosomów (<i>potomków</i>) w wyniku wymiany fragmentów chromosomów <i>rodziców</i>
rodzic	chromosom, kojarzony w parę z drugim chromosomem w celu krzyżowania
potomek	chromosom, otrzymany w wyniku krzyżowania pary rodziców
mutacja	proces zmiany pojedynczego genu w chromosomie; w PAG zamiana wartości wybranego genu z 0 na 1 lub odwrotnie

Zadanie:

Dana jest funkcja:

$$f(x) = 2(x^2 + 1), \text{ gdzie } x \in \langle 1 \dots 127 \rangle$$

Cel:

Przeszukać przestrzeń i znaleźć taki x , dla którego wartość funkcji jest największa

Istota algorytmu genetycznego

Nie przeszukujemy przestrzeni bezpośrednio

Wybieramy losowo niewielką populację należących do niej punktów

Populacja jest modyfikowana zgodnie z zasadami podobnymi do tych, jakie kierują procesem naturalnej ewolucji

W każdej iteracji algorytmu genetycznego, przetwarzana populacja rozwiązań staje się populacją coraz lepiej przystosowanych osobników, reprezentujących rozwiązania coraz bliższe optymalnemu

Elementy algorytmu:

1. Wybór (losowy) populacji początkowej
2. Ocena przystosowania
3. Selekcja chromosomów
4. Krzyżowanie
5. Mutacja

1. Wybór (losowy) populacji początkowej

- Populacja składa się z n punktów przestrzeni poszukiwań X (*funkcja rand*)
- Punkty są zakodowane w postaci ciągów binarnych (*funkcja dec2bin*)
- Macierz chromosomów oznaczamy przez: $ch_1 \dots ch_n$
- Populację początkową oznaczamy $P(0) = \{ch^{(0)}_1 \dots ch^{(0)}_n\}$

Przykład:

1. Wybór (losowy) populacji początkowej

- Populacja składa się z n punktów przestrzeni poszukiwań X
- Punkty są zakodowane w postaci ciągów binarnych (nazywamy je chromosomami)
- Chromosomy oznaczamy: ch_1, \dots, ch_n
- Populację początkową oznaczamy $P1 = \{ch_1, \dots, ch_n\}$

0100110 (38)

1010001 (81)

0111100 (60)

0101100 (44)

0100101 (37)

0101011 (43)

1011110 (94)

0010111 (23)

2. Ocena przystosowania

- W podanym przykładzie, ocena jest dokonywana za pomocą funkcji przystosowania ($f(x) = 2(x^2+1)$)
- Ocenia się nie bezpośrednio chromosomy, lecz fenotypy (osobnik w formie niezakodowanej – punkt przestrzeni)
- Ocenę (wartość przystosowania) przypisuje się następnie odpowiadającym im chromosomom

Przykład:

2. Ocena przystosowania

W podanym przykładzie, ocena jest dokonywana za pomocą funkcji przystosowania ($f(x) = 2(x^2+1)$)

Ocenia się nie bezpośrednio chromosomy, lecz fenotypy (osobnik w formie niezakodowanej – punkt przestrzeni)

Ocenę (wartość przystosowania) przypisuje się następnie odpowiadającym im chromosomom

Chromosom (fenotyp)	Wartość przystosowania
0000110 (6)	74
1011000 (88)	15490
0100001 (33)	2180
1001000 (72)	10370
0001000 (8)	130
1000111 (71)	10084
0001111 (15)	452
0110101 (53)	5620

Ocena przystosowania służy do tego, aby:

- Dokonać selekcji chromosomów na podstawie ich przystosowania w przypadku gdy oceniana populacja nie jest populacją końcową. W tym przypadku obowiązuje zasada: im dany chromosom jest lepiej przystosowany, tym istnieje większe prawdopodobieństwo, że zostanie wybrany do następnego pokolenia.
- Wyłonić najlepszy chromosom, gdy oceniana populacja jest już populacją końcową.

2. Selekcja chromosomów

- W wyniku selekcji z bieżącej populacji $P(k)$ tworzona jest populacja rodzicielska $M(k)$
- W podstawowej wersji algorytmu selekcja chromosomów odbywa się za pomocą metody *koła ruletki*

2. Selekcja chromosomów. Metoda koła ruletki.

- Selekcja dokonuje się, poprzez wybór chromosomów, którym na kole (koło ruletki) przydzielono sektory proporcjonalne do wartości przystosowania
- Większa wartość przystosowania = częstszy wybór do populacji rodzicielskiej
- Lepiej przystosowane chromosomy mogą być wybierane wielokrotnie
 - Skutek: miejsce „słabszych” zajmują „mocniejsi”
 - Liczba chromosomów w populacji jest stała

Przykład:

Selekcja chromosomów. Metoda koła ruletki.

Wielkość sektorów na *koło ruletki* przydzielane są według następujących wzorów:

Prawdopodobieństwo selekcji chromosomu:

$$p_s(ch_i) = \frac{F(ch_i)}{\sum_{i=1}^n F(ch_i)}$$

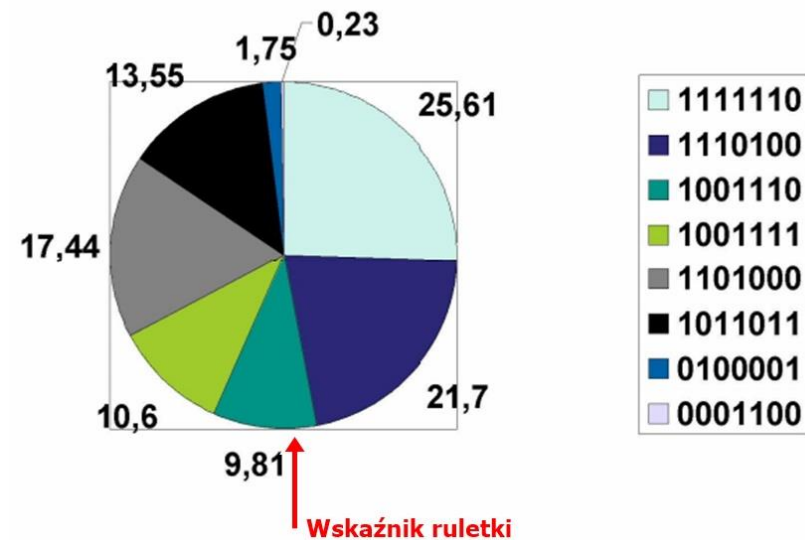
Wielkość procentowa sektorów:

$$v(ch_i) = p_s(ch_i) \bullet 100\%$$

2. Selekcja chromosomów. Metoda koła ruletki

Kołem ruletki kręcimy tyle razy, ile jest chromosomów w populacji. Z każdego losowania do następnego pokolenia wybrany zostanie ten chromosom, przy którym zatrzymało się koło ruletki.

1111110 (126)	31754	25,61%
1110100 (116)	26914	21,70%
1001110 (78)	12170	9,81%
1001111 (79)	12484	10,6%
1101000 (104)	21634	17,44%
1011011 (91)	16564	13,35%
0100001 (33)	2180	1,75%
0001100 (12)	290	0,23%



3. Operator genetyczny: krzyżowanie

Dwa etapy krzyżowania:

1. Chromosomy w sposób losowy kojarzone są w pary (*funkcja randperm*)
2. Każda para przechodzi krzyżowanie, tworząc chromosomy zwane potomkami

Krzyżowanie par:

- Wybierany jest losowo punkt krzyżowania (locus)
- Następuje wymiana odpowiednich części łańcucha między rodzicami

3. Operator genetyczny: krzyżowanie

$$\left. \begin{array}{l} ch_3 = [1 \ 1 \ | \ 1 \ 0 \ 1] \\ ch_4 = [1 \ 0 \ | \ 1 \ 0 \ 1] \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{krzyżowanie}} \begin{array}{l} ch_3 = [1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1] \\ ch_4 = [1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1] \end{array}$$

locus=2

$$\left. \begin{array}{l} ch_7 = [1 \ | \ 0 \ 1 \ 0 \ 1] \\ ch_8 = [1 \ | \ 0 \ 0 \ 1 \ 1] \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{krzyżowanie}} \begin{array}{l} ch_6 = [1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1] \\ ch_1 = [1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1] \end{array}$$

locus=1

$$\left. \begin{array}{l} ch_9 = [1 \ 0 \ 0 \ | \ 1 \ 1] \\ ch_{10} = [1 \ 1 \ 1 \ | \ 0 \ 1] \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{krzyżowanie}} \begin{array}{l} [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1] \\ [1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1] \end{array}$$

locus=3

3. Operator genetyczny: mutacja

- Zmienia wartość wybranego losowo genu w chromosomie na przeciwny (1 na 0, 0 na 1)
- Prawdopodobieństwo mutacji jest zwykle dużo mniejsze niż krzyżowania
- Celem mutacji jest wprowadzenie różnorodności populacji

$$ch_i = [1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1] \xrightarrow{\text{mutacja}} ch_i' = [1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1]$$

locus=4