

# Podstawy Sztucznej Inteligencji

Laboratorium

Algorytmy genetyczne

Przygotował:  
dr inż. Piotr Urbanek

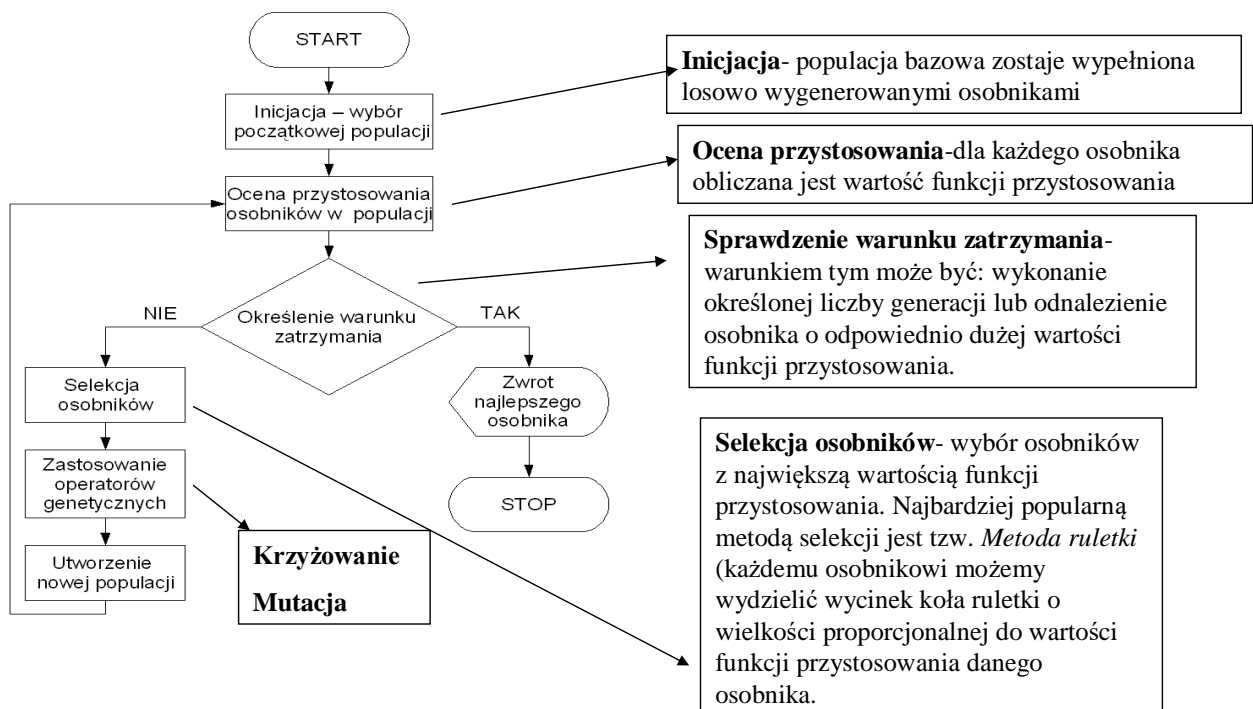
# 1. Teoria.

## Definicja, czyli co to jest algorytm genetyczny?

Algorytmy genetyczne to metody rozwiązywania problemów, głównie zagadnień optymalizacyjnych, wzorowane na naturalnej ewolucji. Są to procedury przeszukiwania zbioru rozwiązań oparte na mechanizmach doboru naturalnego i dziedziczenia, korzystających z ewolucyjnej zasady przeżycia osobników najlepiej przystosowanych.

Ideę algorytmów ewolucyjnych przedstawił John Holland na przełomie lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych XX w.

## Schemat blokowy działania AG



# Cechy charakterystyczne AG

- Reprezentacja osobnika jako łańcucha binarnego (geny to 0 lub 1, świadczy o kodowaniu problemu/zadania na poziomie genotypu) o stałej długości (ilości bitów).
- Operatorami genetycznymi są: proste krzyżowanie (ang.crossover) i prosta mutacja (ang.mutation), operacje te są prowadzone na poziomie genotypu.
- Stałe prawdopodobieństwo operatorów genetycznych.
- Parametrem algorytmu jest prawdopodobieństwo zajścia krzyżowania.
- Osobnik jest przekształcany z genotypu do fenotypu i dopiero oceniany (to istotna cecha, gdyż mała zmiana na poziomie genotypu może spowodować duże zmiany na poziomie fenotypu).

## Operatory genetyczne

### **Krzyżowanie.**

Polega na wymianie materiału genetycznego pomiędzy losowo dobranymi parami osobników wybranych podczas selekcji. W wyniku krzyżowania powstają nowe chromosomy, które wejdą w skład kolejnej populacji (pokolenia). Okazuje się, że chromosomy powstałe w wyniku krzyżowania często są lepiej przystosowane (mają większą wartość funkcji przystosowania) niż ich “rodzice”.

### **Krzyżowanie proste**

Przy klasycznym rozmieszczeniu genów w chromosomie jest to operacja stosunkowo prosta. Jeśli mamy dwa chromosomy to wybieramy (losowo) miejsce, w którym je rozcinamy (oba w tym samym miejscu). Punkt rozcięcia to inaczej **punkt krzyżowania**. Po rozcięciu wymieniamy odcięte części. W ten sposób powstają dwa nowe chromosomy

## Selekcja

Polega na wyborze z bieżącej populacji najlepiej przystosowanych osobników, których materiał genetyczny zostanie poddany operacji krzyżowania i przekazany osobnikom następnej populacji.

Kryterium wyboru jest wartość funkcji przystosowania.

## Mutacja (zachodząca zwykle z niewielkim prawdopodobieństwem)

Polega na zmianie wartości losowo wybranego genu. Zadaniem operatora mutacji jest zapewnienie zmienności chromosomów (np. niedopuszczenie do powstania całej populacji identycznych osobników) i tym samym stworzenie możliwości wyjścia procedury optymalizacji z maksimów lokalnych funkcji przystosowania.

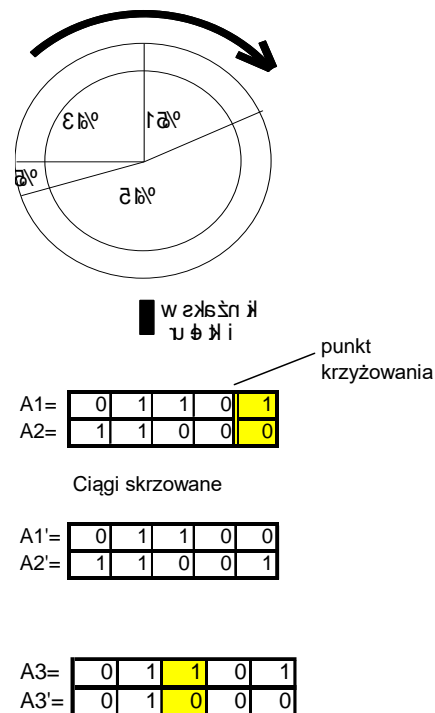
# Elementarny algorytm genetyczny

Elementarny algorytm genetyczny jest skonstruowany z trzech następujących operacji: Reprodukacja, Krzyżowanie, Mutacja

**Reprodukacja** to proces, w którym indywidualne ciągi kodowe zostaną powielone w stosunku zależnym od wartości, jakie przybiera dla nich funkcja celu  $f$  (funkcja przystosowania). Jest to inaczej pewien miernik zysku, który chcemy zmaksymalizować.

**Krzyżowanie** (proste) to proces polegający na losowym kojarzeniu ciągów z puli rodzicielskiej w pary, losowy wybór **punktu krzyżowania** ciągów oraz zamiany wszystkich znaków na prawo od punktu krzyżowania

**Mutacja** polega na sporadycznej zmianie elementu ciągu kodowego.



## Symulacja odręczna działania algorytmu genetycznego

Nr ciągu	Populacja początkowa (wygenerowana losowo)	Wartość x	$f(x)=x^2$	Wskaźnik przystosowania	Oczekiwana liczba kopii	Liczba kopii wygenerowanych wg reguły ruletki
1	0 1 1 0 1	13	169	0,14	0,6	1
2	1 1 0 0 0	24	576	0,49	2,0	2
3	0 1 0 0 0	8	64	0,06	0,2	0
4	1 0 0 1 1	19	361	0,31	1,2	1
<hr/>						
Suma			1170	1,00		
Średnia			293	0,25		
Maksimum			576	0,49		

Pula rodzicielska po reprodukcji	Partner (wybrany losowo)	Punkt krzyżowania (wybrany losowo)	Nowa populacja	Wartość x	$f(x)=x^2$	Wskaźnik przystosowania	Liczba kopii wygenerowanych wg reguły ruletki
0 1 1 0   1	2	4	0 1 1 0 0	12	144	0,33	0
1 1 0 0   0	1	4	1 1 0 0 1	25	625	1,43	1
1 1   0 0 0	4	2	1 1 0 1 1	27	729	1,66	2
1 0   0 1 1	3	2	1 0 0 0 0	16	256	0,58	1
<hr/>							
Suma					1754	1	
Średnia					439	0,25	
Maksimum					729	0,42	

### Podsumowanie

Różnice pomiędzy AG a konwencjonalnymi technikami optymalizacji:

- Operowanie na ciągach kodowych,
- Działanie na populacjach, a nie na pojedynczych punktach,
- Poszukiwanie metodą próbkowania („ślepe”),
- Losowe reguły wyboru.

**Zadanie.**

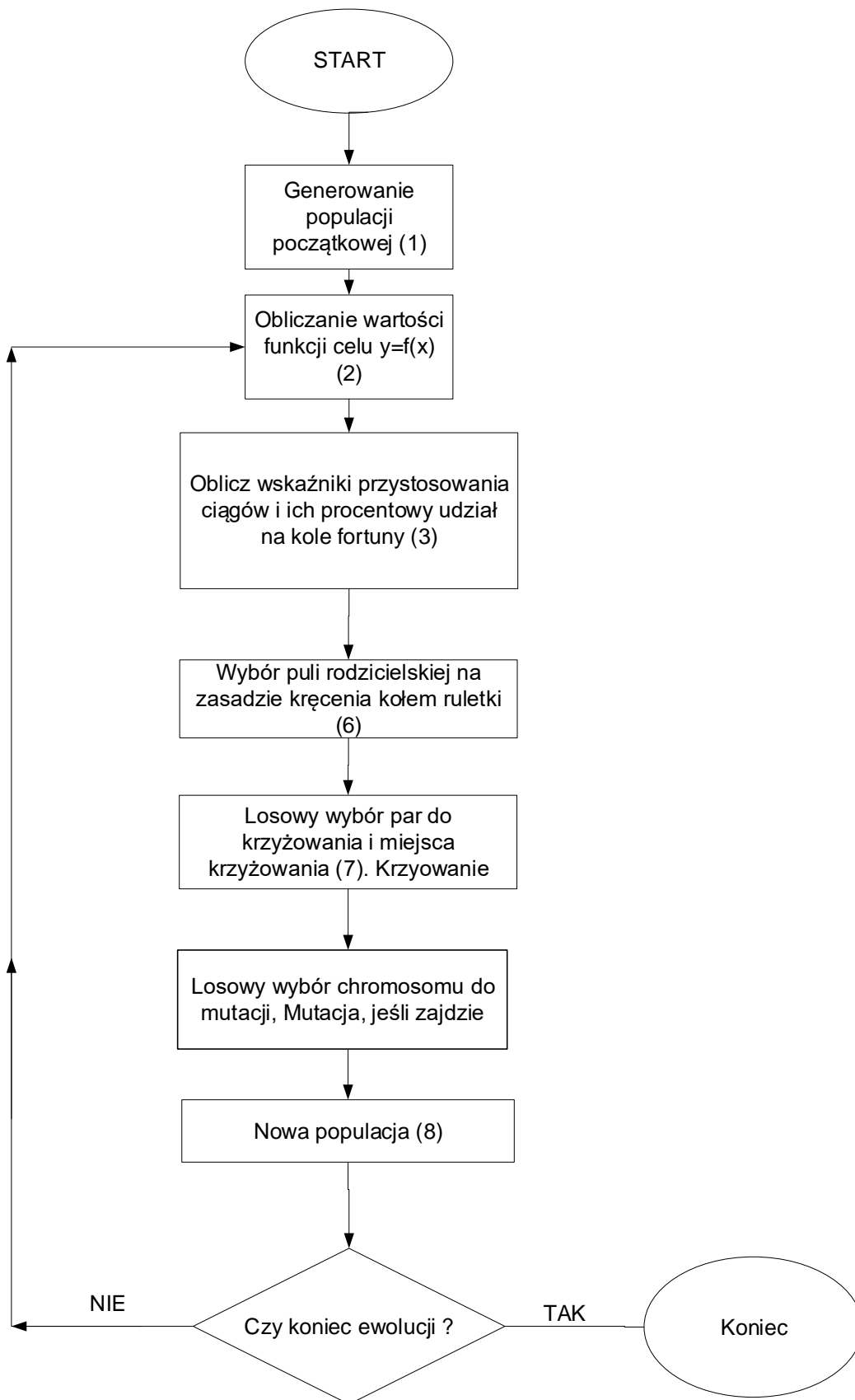
Napisać program wyznaczający za pomocą algorytmu genetycznego maksimum funkcji  $y=x^2+2x-3$ , gdzie  $x \in \langle 0;127 \rangle$ .

Przeanalizować działanie PAG dla różnych liczebności populacji chromosomów, np. 10, 20, 50, 100 osobników oraz wartości prawdopodobieństwa krzyżowania ( $p_k=0.4, 0.6, 0.8, 1$ ) oraz prawdopodobieństwa mutacji ( $p_m=0, 0.05, 0.1, 0.3$ ).

Program można wykonać w środowisku Matlab, Python lub C++.

Sprawozdanie powinno obejmować analizę zbieżności PAG w zależności od przyjętych wartości  $p_k$  i  $p_m$ .

**Wskazówka.** Można posłużyć się następującym schematem blokowym:



Schemat działania algorytmu genetycznego

## Pomoc do rozwiązania zadania.

Przykładowy kod programu w języku opartym na składni środowiska Matlab jest następujący:

### Blok 1.

```
for i=1:N
    pop_bin(i,:)=num2str(round(rand(1,5)));
end;
```

### Blok 2.

```
pop_p=bin2dec(pop_bin(:, :));
pop_p=pop_p.^2;
```

### Blok 3.

```
suma=sum(pop_p);
procent=round((pop_p/suma).*100);

rul=ones(sum(procent),1);
pocz=1;
for i=2:N
    pocz=pocz+procent(i-1);
    kon=pocz+procent(i);
    rul(pocz:kon)=i;
end;
```

### Blok 6.

```
liczba_elementow=length(rul);

wylosowana_poz=ceil(liczba_elementow*rand(5,1));

pop_bin_n=rul(wylosowana_poz)
```

### Blok 7.

```
% losowy wybor partnera
pary=randperm(N)
%miejsce krzyzowania
m_k=randperm(5)
```