

SZTUCZNA INTELIGENCJA

ALGORYTMY EWOLUCYJNE

Dr hab. inż. Grzegorz Dudek
Wydział Elektryczny
Politechnika Częstochowska

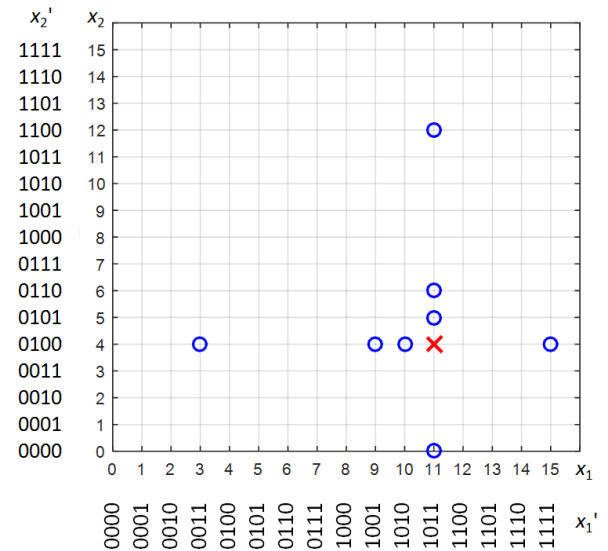
Projekt finansowany w ramach programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pod nazwą „Regionalna Inicjatywa Doskonałości” w latach 2019 - 2022 nr projektu 020/RID/2018/19 kwota finansowania 12 000 000 PLN

Problem różnych struktur przestrzeni fenotypu i genotypu

x	0	1	2	3	4	5	6	7
NKB	000	001	010	011	100	101	110	111
Gray	000	001	011	010	110	111	101	100

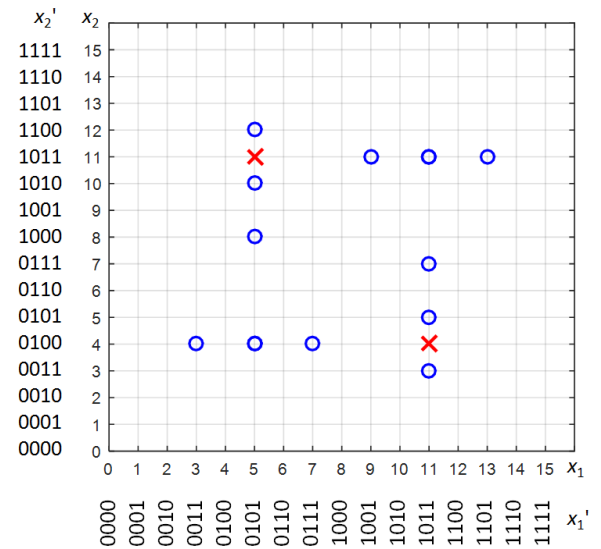
Nieregularny charakter mutacji

x'	x
1011 0100	11, 4
0011 0100	3, 4
1111 0100	15, 4
1001 0100	9, 4
1010 0100	10, 4
1011 1100	11, 12
1011 0000	11, 0
1011 0110	11, 6
1011 0101	11, 5



Nieregularny charakter krzyżowania

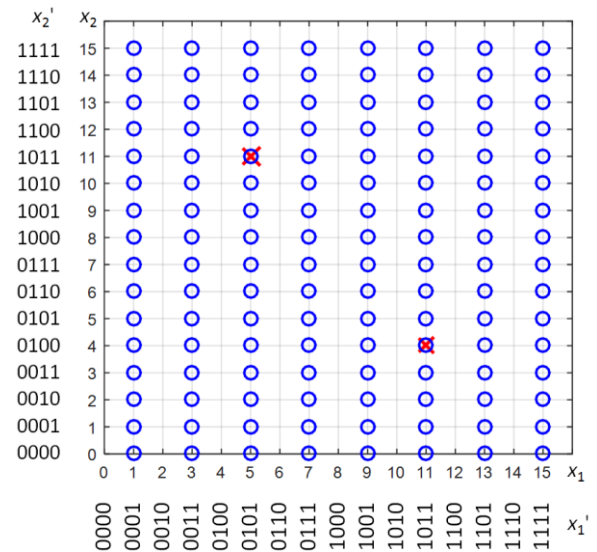
x_a'	x_b'	x_a	x_b
10110100	01011011	[11, 4]	[5, 11]
11011011	00110100	[13, 11]	[3, 4]
10011011	01110100	[9, 11]	[7, 4]
10111011	01010100	[11, 11]	[5, 4]
10111011	01010100	[11, 11]	[5, 4]
10110011	01011100	[11, 3]	[5, 12]
10110111	01011000	[11, 7]	[5, 8]
10110101	01011010	[11, 5]	[5, 10]



Krzyżowanie jednorodne

Wzorzec dziedziczenia: 10110100

Wzorzec	11001011
Rodzic 1	10110100
Rodzic 2	01011011
	↓
Potomek 1	01111111
Potomek 2	10010000



KRZYŻOWANIE JEDNORODNE

Stopień mieszania $s \in [0, 0,5]$

Tworzenie wzorca dziedziczenia:

- Dla każdego bitu wzorca losujemy liczbę rzeczywistą $\xi \in [0, 1]$
- Jeśli $\xi_i \leq s$, to bit ustawiamy na 0. W przeciwnym przypadku na 1

Stopień mieszania s	0,1	0,25	0,5
Wylosowany wzorzec	11110111	11010111	01001101
Rodzic 1	10110100	10110100	10110100
Rodzic 2	01011011	01011011	01011011
	↓	↓	↓
Potomek 1	01010011	01110011	11110011
Potomek 2	10111100	10011100	00010110

ALGORYTMY EWOLUCYJNE Z REPREZENTACJĄ NA LICZBACH RZECZYWISTYCH

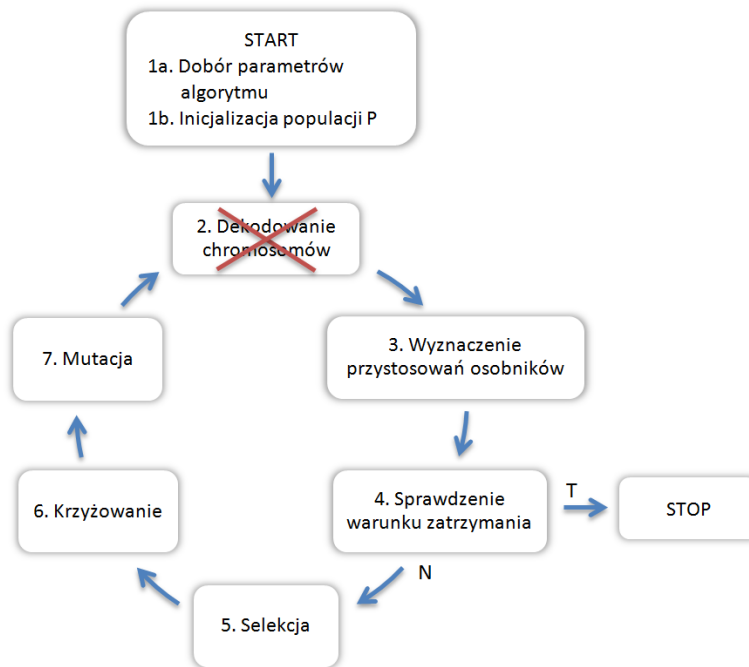
Chromosom ma postać wektora liczb rzeczywistych:

$$\mathbf{x}' = \mathbf{x}$$

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

AE Z REPREZENTACJĄ NA LICZBACH RZECZYWISTYCH

Schemat algorytmu ewolucyjnego (AE)



AE Z REPREZENTACJĄ NA LICZBACH RZECZYWISTYCH

Krzyżowanie uśredniające

Osobniki rodzicielskie:

$$\mathbf{x}_a = [x_{a1}, x_{a2}, \dots, x_{an}]$$

$$\mathbf{x}_b = [x_{b1}, x_{b2}, \dots, x_{bn}]$$

Osobniki potomne:

$$\mathbf{x}_a \leftarrow \alpha \mathbf{x}_a + (1 - \alpha) \mathbf{x}_b$$

$$\mathbf{x}_b \leftarrow (1 - \alpha) \mathbf{x}_a + \alpha \mathbf{x}_b$$

gdzie α – liczba rzeczywistą wylosowaną z $[0, 1]$, $\alpha \sim U(0, 1)$

AE Z REPREZENTACJĄ NA LICZBACH RZECZYWISTYCH

Krzyżowanie uśredniające

Przykład:

$$\mathbf{x}_a \leftarrow a\mathbf{x}_a + (1 - a)\mathbf{x}_b$$

$$\mathbf{x}_b \leftarrow (1 - a)\mathbf{x}_a + a\mathbf{x}_b$$

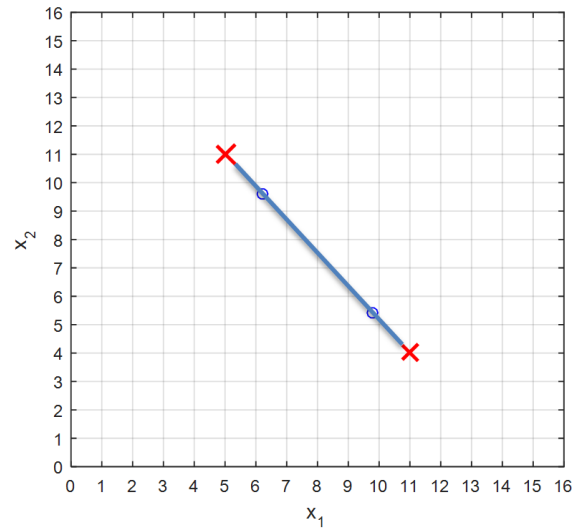
a	0,1	0,5	0,9
Rodzic 1	[4,06, -3,73, 4,13, 1,32]	[4,06, -3,73, 4,13, 1,32]	[4,06, -3,73, 4,13, 1,32]
Rodzic 2	[-4,02, -2,22, 0,47, 4,58]	[-4,02, -2,22, 0,47, 4,58]	[-4,02, -2,22, 0,47, 4,58]
	↓	↓	↓
Potomek 1	[-3,22, -2,37, 0,84, 4,25]	[0,02, -2,97, 2,30, 2,95]	[3,25, -3,58, 3,77, 1,65]
Potomek 2	[3,25, -3,58, 3,77, 1,65]	[0,02, -2,97, 2,30, 2,95]	[-3,22, -2,37, 0,84, 4,25]

AE Z REPREZENTACJĄ NA LICZBACH RZECZYWISTYCH

Krzyżowanie uśredniające

$$\mathbf{x}_a = [11, 4]$$

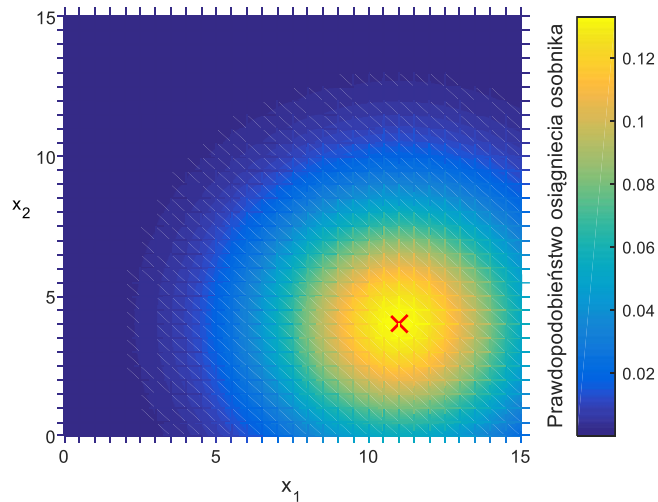
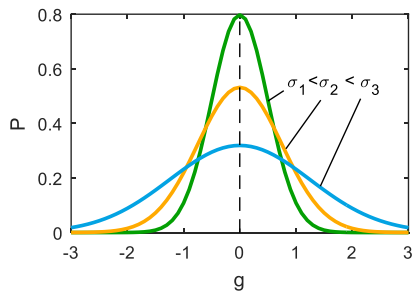
$$\mathbf{x}_b = [5, 11]$$



Mutacja

$$\mathbf{x} \leftarrow \mathbf{x} + \xi$$

gdzie $\xi = [\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n], \xi_i \sim N(0, \sigma)$



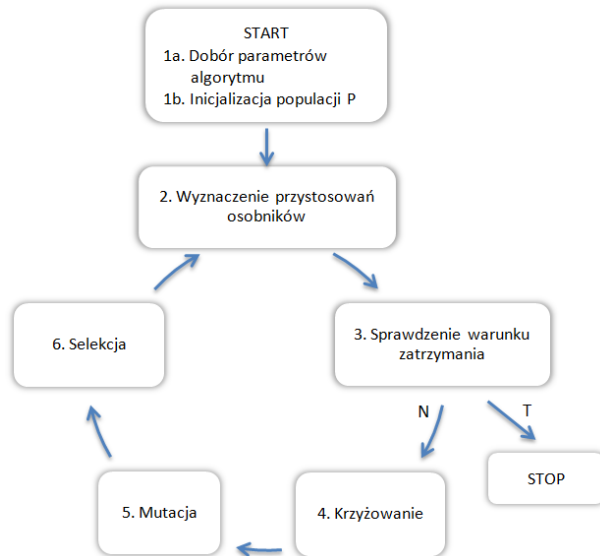
Osobnik

$$o = (\mathbf{x}, \boldsymbol{\sigma}, f(\mathbf{x}))$$

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

$$\boldsymbol{\sigma} = [\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n], \sigma_i \in \mathbb{R}_+$$

Algorytm



Procedura SE ($\mu/\rho+\lambda$)

begin

$i := 0$

Inicjalizacja $P_i := \{(\mathbf{x}_i, \sigma_i, f(\mathbf{x}_i)), i=1, 2, \dots, \mu\}$

while (not warunek stopu) **do begin**

for $j:=1$ to λ **do begin**

$R_j :=$ Rodzice (P_i, ρ)

$(\mathbf{x}_j, \sigma_j) :=$ Rekombinacja (R_j)

$\sigma_j' :=$ Mutacja_ σ (σ_j)

$\mathbf{x}_j' :=$ Mutacja_x (\mathbf{x}_j)

$f_j' := f_j(\mathbf{x}_j')$

end

$Q_i := \{(\mathbf{x}_j', \sigma_j', f_j'), j=1, 2, \dots, \lambda\}$

$P_{i+1} :=$ Selekcja (P_i, Q_i)

$i := i+1$

end

end

Rekombinacja

Krzyżowanie dyskretne

$$\sigma_k = \sigma_k^r, \quad x_k = x_k^r, \quad k = 1, 2, \dots, n, \quad r = \text{rand}\{1, 2, \dots, \rho\}$$

Krzyżowanie uśredniające

$$\sigma_k = \frac{1}{\rho} \sum_{r=1}^{\rho} \sigma_k^r, \quad x_k = \frac{1}{\rho} \sum_{r=1}^{\rho} x_k^r, \quad k = 1, 2, \dots, n$$

Mutacja

Mutacja σ :

$$\sigma' = [\sigma_1 \xi_1, \sigma_2 \xi_2, \dots, \sigma_n \xi_n] \cdot \zeta$$

gdzie: $\xi_i \sim e^{N(0, \tau)}$, $\zeta \sim e^{N(0, \tau_0)}$

$$\tau = \frac{c}{\sqrt{2\sqrt{n}}}, \quad \tau_0 = \frac{c}{\sqrt{2n}}$$

Mutacja \mathbf{x} :

$$\mathbf{x}' = \mathbf{x} + \xi$$

gdzie: $\xi = [\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n]$, $\xi_i \sim N(0, \sigma_i')$

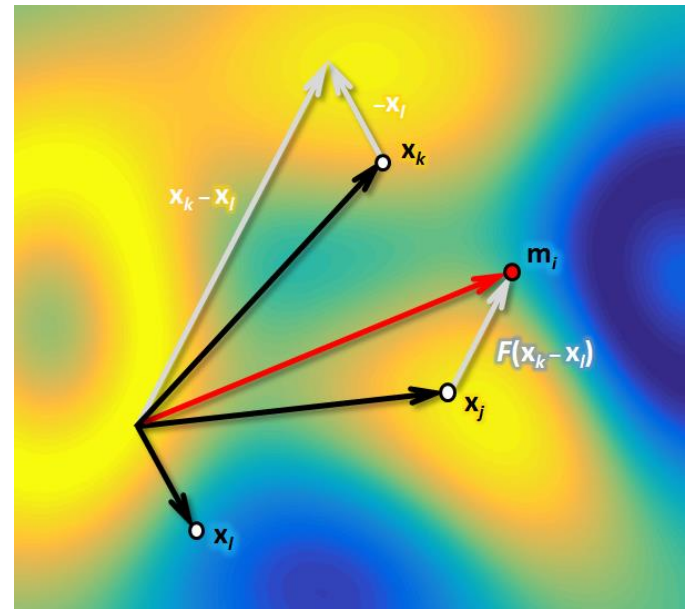


Mutacja

$$\mathbf{m}_i = \mathbf{x}_j + F(\mathbf{x}_k - \mathbf{x}_l)$$

$j, k, l = \text{rand}(\{1, 2, \dots, N\} \setminus i)$

$F \in [0, 2]$



Krzyżowanie

$$x'_{i,j} = \begin{cases} m_{i,j}, & \text{jeśli } \xi_{i,j} \leq CR \text{ lub } j = \zeta_i \\ x_{i,j}, & \text{jeśli } \xi_{i,j} > CR \text{ i } j \neq \zeta_i \end{cases}$$

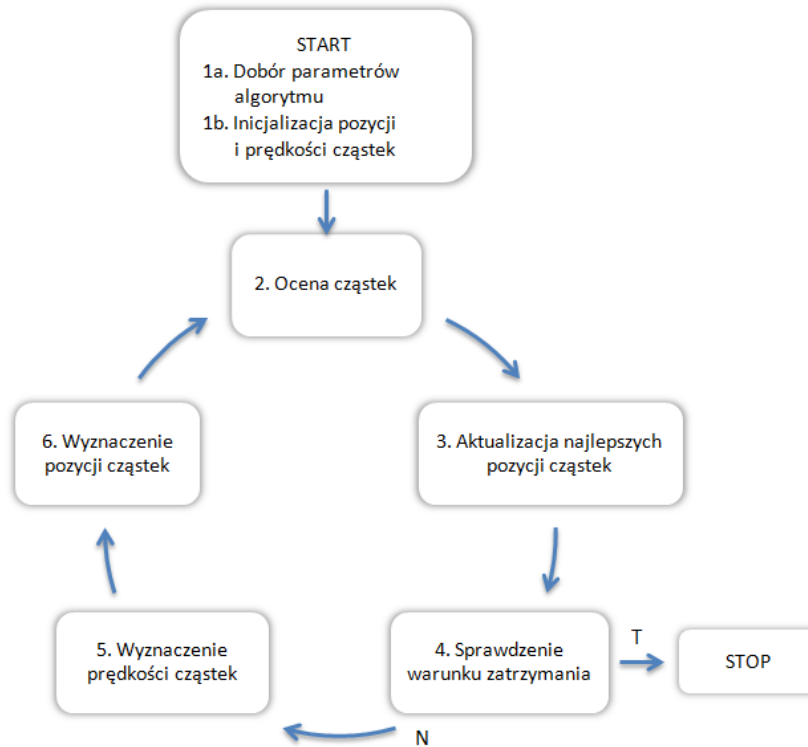
gdzie:

$$j = 1, 2, \dots, n$$

$$\xi_{i,j} \sim U(0,1)$$

$$\zeta_i = \text{rand}\{1, 2, \dots, n\}$$

$$CR \in [0, 1]$$



Wyznaczenie prędkości cząstek

$$\mathbf{v}_i \leftarrow c_0 \mathbf{v}_i + \xi_i (\mathbf{x}_i^* - \mathbf{x}_i) + \zeta_i (\mathbf{x}^{**} - \mathbf{x}_i)$$

gdzie:

\mathbf{x}_i^* – najlepsze rozwiązanie znalezione przez i -tą cząstkę

\mathbf{x}^{**} – najlepsze rozwiązanie znalezione przez rój

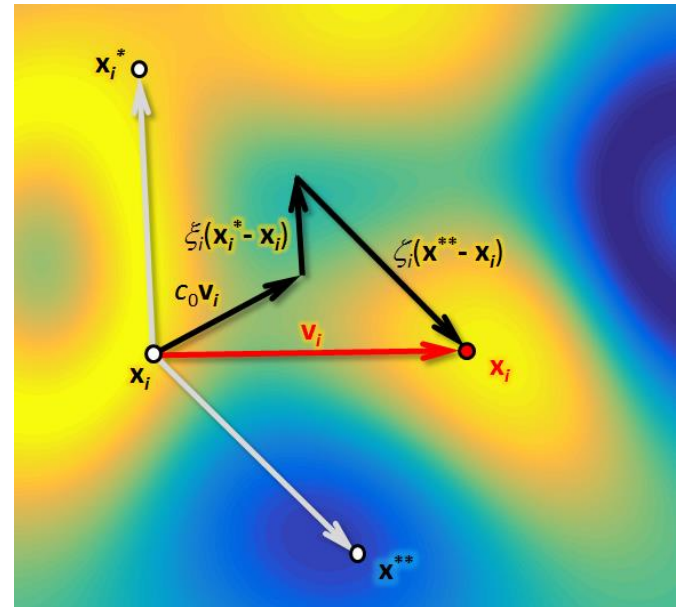
$$\xi_i \sim U(0, c_1)$$

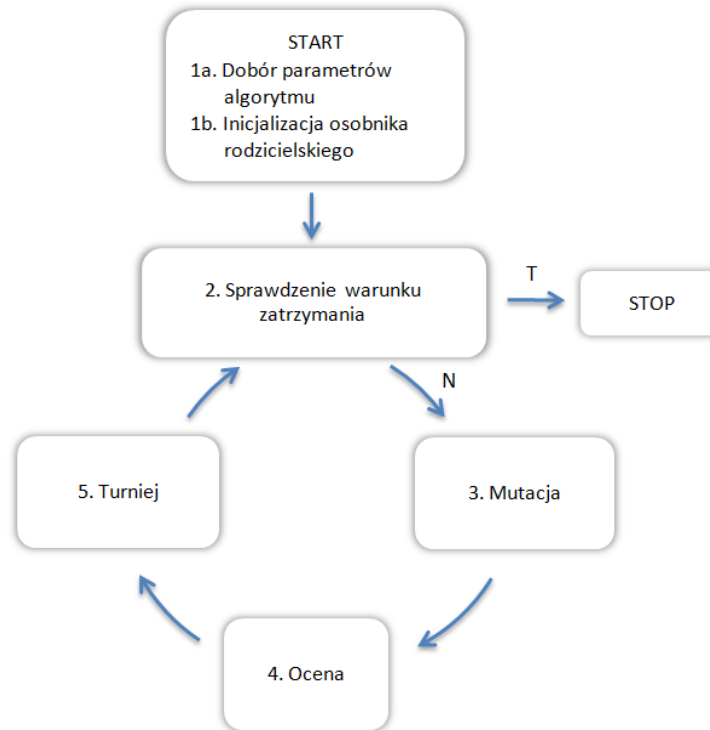
$$\zeta_i \sim U(0, c_2)$$

$$c_0, c_1, c_2 > 0$$

Wyznaczenie pozycji cząstek

$$\mathbf{x}_i \leftarrow \mathbf{x}_i + \mathbf{v}_i$$





Mutacja

Reprezentacja binarna

- tworzymy L klonów osobnika rodzicielskiego
- w każdym klonie zmieniamy jeden wybrany losowo bit (w każdym klonie inny)

Reprezentacja na liczbach rzeczywistych

- tworzymy L osobników potomnych poprzez mutację osobnika rodzicielskiego \mathbf{x}^r

$$\mathbf{x}_i = \mathbf{x}^r + \xi_i$$

gdzie: $i = 1, 2, \dots, L$

$$\xi_i = [\xi_{i,1}, \xi_{i,2}, \dots, \xi_{i,n}], \xi_{i,j} \sim N(0, \sigma)$$

Turniej

- wybieramy osobnika potomnego z najwyższą oceną
- zwycięzca turnieju staje się rodzicem w następnej iteracji

