

# Strategie Ewolucyjne

Tadeusz Puźniakowski

PJATK

11 marca 2023

# Co na dziś

## Strategie ewolucyjne

- Do czego to
- Strategia  $(1 + 1)$  oraz  $(1 + \lambda)$
- Strategia  $(\mu + \lambda)$
- Strategia  $(\mu, \lambda)$

## Strategie ewolucyjne

- Rechenberg, Schwefel, lata 60 i 70, Niemcy
- Do optymalizacji numerycznej
- Dość łatwe w implementacji
- Samo-adaptacja mutacji

# Spis treści

1 Strategia ( $1 + 1$ )

2 Strategia ( $\mu + \lambda$ )

3 Strategia ( $\mu, \lambda$ )

4 Podsumowanie

# Ogólnie

Na czym działamy

Wektor liczb rzeczywistych –  $X$ .

Funkcja oceny osobnika (fitness)  $\phi X$ .

Zasięg mutacji  $\sigma$

## Algorithm: Strategia (1 + 1).

---

```
1   begin
2       t ← 0
3       zainicjuj  $X^t$ 
4        $\phi_{X^t}$  ← ocena  $X^t$ 
5       while (not warunek zakończenia)
6            $Y^t$  ← mutacja  $X^t$ 
7            $\phi_{Y^t}$  ← ocena  $Y^t$ 
8           if  $\phi_{Y^t} > \phi_{X^t}$ 
9                $X^{t+1}$  ←  $Y^t$ 
10            else
11                 $X^{t+1}$  ←  $X^t$ 
12            end
13            t ← t + 1
14        end
15        return  $X^t$ 
16    end
```

---

# Elementy strategii (1 + 1)

## Mutacja

$$Y_i^t \leftarrow X_i^t + \sigma N(0, 1)$$

Dodajemy wektor wartości losowych z rozkładem normalnym  
przemnożone przez  $\sigma$

# Elementy strategii

## Reguła 1/5 sukcesów

- ① Przez  $k$  kolejnych iteracji odsetek sukcesów mutacji jest większy niż  $1/5$  liczby wykonanych mutacji  $\Rightarrow$  zwiększamy  $\sigma' \leftarrow \sigma' c_i$
- ② jeśli jest  $1/5$  to nic nie zmieniamy
- ③ jeśli jest mniej niż  $1/5$  sukcesów  $\Rightarrow$  zmniejszamy zasięg  $\sigma' \leftarrow \sigma' c_d$ 
  - $c_d = 0.82$
  - $c_i = \frac{1}{0.82}$

# Spis treści

1 Strategia  $(1 + 1)$

2 Strategia  $(\mu + \lambda)$

3 Strategia  $(\mu, \lambda)$

4 Podsumowanie

## Algorithm: Strategia ewolucyjna $(\mu + \lambda)$ .

---

```
1   begin
2       t  $\leftarrow$  0
3       zainicjuj  $P^t$ 
4       ocena  $P^t$ 
5       while (not warunek zakonczenia)
6            $T^t \leftarrow$  reprodukcja  $P^t$  dajaca  $\lambda$  osobnikow
7            $O^t \leftarrow$  krzyzowanie i mutacja  $T^t$ 
8           ocena  $O^t$ 
9            $P^{t+1} \leftarrow \mu$  najlepszych osobnikow z  $P^t \cup O^t$ 
10          t  $\leftarrow$  t + 1
11      end
12      return  $P^t$ 
13  end
```

---

## Elementy strategii $(\mu + \lambda)$

Mechanizm samoczynnej adaptacji zamiast reguły 1/5 sukcesu

### Osobnik

$$a_k \leftarrow (y_k, \sigma_k, F(y_k))$$

gdzie

- $a_k$  to  $k$ -ty osobnik populacji  $P^t$
- $y_k$  to chromosom
- $\sigma_k$  to wektor odchyлеń std.
- $F(y_k)$  to funkcja oceny

# Elementy strategii $(\mu + \lambda)$

## Reprodukcja

Dokonujemy selekcji ze zwracaniem  $\lambda$  kopii osobników z populacji bazowej.

# Elementy strategii ( $\mu + \lambda$ )

## Mutacja

Liczymy  $\sigma'_{k,i} \leftarrow \sigma_{k,i} e^{\tau N_i}$

$\tau$  – parametr uczenia. Typowo  $\tau = \frac{1}{\sqrt{2N}}$

$y'_{k,i} \leftarrow y_{k,i} + \sigma'_{k,i} N_i$  ( $N_i$  to wynik losowania z rozkładem normalnym)

# Elementy strategii ( $\mu + \lambda$ )

## Krzyżowanie (rekombinacja)

Losujemy  $a \in (0, 1)$  z rozkładem jednorodnym.  $y^1, y^2$  to chromosomy rodziców, a odpowiednio  $\sigma$  to ich zasięgi mutacji.

- $y'^1 \leftarrow ay^1 + (1 - a)y^2$
- $y'^2 \leftarrow ay^2 + (1 - a)y^1$
- $\sigma'^1 \leftarrow a\sigma^1 + (1 - a)\sigma^2$
- $\sigma'^2 \leftarrow a\sigma^2 + (1 - a)\sigma^1$

# Spis treści

1 Strategia  $(1 + 1)$

2 Strategia  $(\mu + \lambda)$

3 Strategia  $(\mu, \lambda)$

4 Podsumowanie

## Algorithm: Strategia ewolucyjna $(\mu, \lambda)$ .

---

```
1   begin
2       t  $\leftarrow$  0
3       zainicjuj  $P^t$ 
4       ocena  $P^t$ 
5       while (not warunek zakonczenia)
6            $T^t \leftarrow$  reprodukcja  $P^t$  dajaca  $\lambda$  osobnikow
7            $O^t \leftarrow$  krzyzowanie i mutacja  $T^t$ 
8           ocena  $O^t$ 
9            $P^{t+1} \leftarrow \mu$  najlepszych osobnikow z  $O^t$ 
10          t  $\leftarrow$  t + 1
11      end
12      return  $P^t$ 
13  end
```

---

# Spis treści

1 Strategia  $(1 + 1)$

2 Strategia  $(\mu + \lambda)$

3 Strategia  $(\mu, \lambda)$

4 Podsumowanie

## Strategia ( $\mu/\rho^+ \lambda$ )

- $\mu$  – liczba osobników populacji
- $\rho$  – „mixing number” – liczba rodziców w funkcji rekombinacji
- $\lambda$  – liczba potomków
- + – nowa populacja jest na bazie rodziców i potomków.
- , – nowa populacja na bazie potomków

**Procedure  $(\mu/\rho + \lambda)$ -ES;**

<b>Begin</b>	line
$g := 0;$	2
initialize $\mathfrak{P}_p^{(0)} := y_m^{(0)}, s_m^{(0)}, F(y_m^{(0)})$ , $m = 1, \dots, \mu$ ;	3
<b>Repeat</b>	4
<b>For</b> $l := 1$ To $\lambda$ <b>Do Begin</b>	5
$\mathfrak{e}_l :=$ marriage $\mathfrak{P}_p^{(g)}, \rho$ ;	6
$s_l :=$ s_recombination( $\mathfrak{e}_l$ );	7
$y_l :=$ y_recombination( $\mathfrak{e}_l$ );	8
$\tilde{s}_l :=$ s_mutation( $s_l$ );	9
$\tilde{y}_l :=$ y_mutation $y_l, \tilde{s}_l$ ;	10
$\tilde{F}_l := F(\tilde{y}_l)$	11
<b>End;</b>	12
$\mathfrak{P}_o^{(g)} := \tilde{y}_l, \tilde{s}_l, \tilde{F}_l$ , $l = 1, \dots, \lambda$ ;	13
<b>Case</b> selection_type <b>Of</b>	14
$(\mu, \lambda) : \quad \mathfrak{P}_p^{(g+1)} :=$ selection $\mathfrak{P}_o^{(g)}, \mu$ ;	15
$(\mu + \lambda) : \quad \mathfrak{P}_p^{(g+1)} :=$ selection $\mathfrak{P}_o^{(g)}, \mathfrak{P}_p^{(g)}, \mu$	16
<b>End;</b>	17
$g := g + 1$ ;	18
<b>Until</b> termination_condition	19
<b>End</b>	20

# Bibliografia

## Źródła i cytaty

- Wykłady z algorytmów ewolucyjnych, Jarosław Arabas, WNT, 2004r
- Evolution strategies - A comprehensive introduction, Hans-Georg Beyer, Hans-Paul Schwefel, 2002