

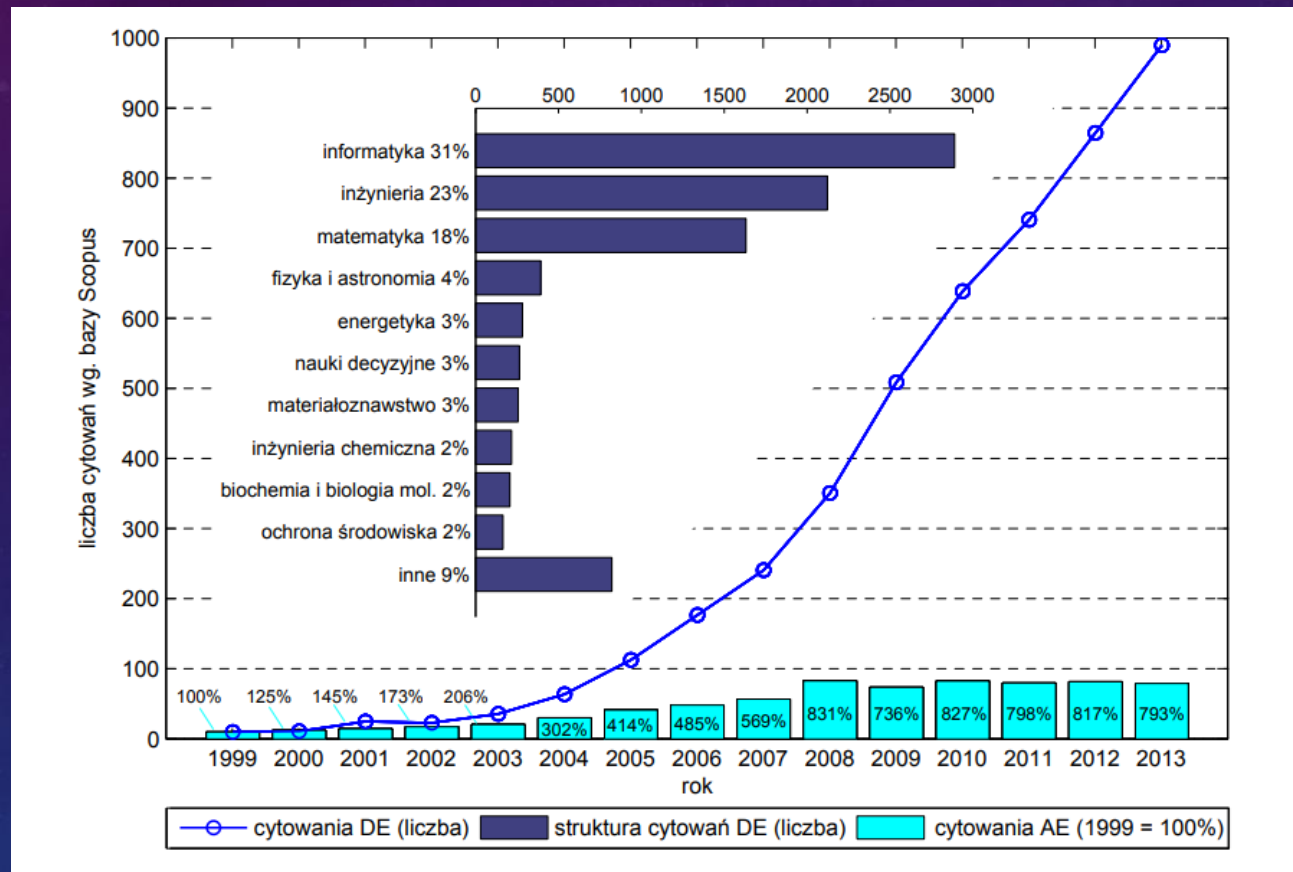
ALGORYTM EWOLUCJI RÓŻNICOWEJ

Autorzy: Patryk Lachowicz i Michał Maciaszczyk

WSTĘP

EWOLUCJA RÓŻNICOWA TO PROSTY, A JEDNOCZEŚNIE SKUTECZNY ALGORYTM EWOLUCYJNY ROZWIĄDUJĄCY PROBLEM GLOBALNEJ OPTYMALIZACJI CIĄGŁEJ. JEGO ZALETĄ JEST PROSTOTA IMPLEMENTACJI ORAZ RELATYWNIE WYSOKA EFEKTYWNOŚĆ. METODĘ TĘ ZAPROPONOWALI STORN I PRICE W 1995 ROKU W SERII ARTYKUŁÓW I OD TEGO CZASU CIESZY SIĘ ONA ZNACZNYM ZAINTERESOWANIEM BADACZY ORAZ PRAKTYKÓW.

Wzrastająca popularność algorytmu



Opis algorytmu

Algorytm operuje na populacji N osobników x_1, x_2, \dots, x_N gdzie każdy osobnik jest wektorem zawierającym genotyp.

W każdym kroku algorytmu dla każdego osobnika x_i tworzony jest osobnik próbny o_i , który powstaje dzięki wykorzystaniu mutacji i krzyżowania. Następnie wykonywana jest metoda selekcji, która ma za zadanie wybrać lepszego z tych osobników.

Algorytm kończy się, jeżeli spełniony zostanie warunek stopu, który jest zależny od założonych celów algorytmu. Może to być założona z góry ilość generacji lub osiągnięcie braku zróżnicowania w populacji.

Elementy, które wyróżniają ten algorytm od innych algorytmów ewolucyjnych to między innymi:

- Rodzaj wykorzystanej metody krzyżowania (krzyżowanie wymieniające)
- Sposób selekcja osobników
- Mutacja wykonywana jest przed krzyżowaniem
- Krok mutacji w każdej iteracji nie zależy od rozkładu prawdopodobieństwa

ZASTOSOWANIA

- Optymalizacja jedno i wieloobiektyowych funkcji
- Uczenie sieci neuronowych
- Klasteryzacja
- Data Mining

Pseudokod i opis parametrów

```
Zainicjować wartości parametrów  $C_r$ ,  $F$  i  $N_p$ 
Zainicjować populację  $\mathbf{X} \leftarrow \{\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_{N_p}\}$ 
while warunek zatrzymania nie spełniony do
  for all  $i \in \{1, 2, \dots, N_p\}$  do
    # reprodukcja
     $\mathbf{x}_{i_1} \leftarrow$  reprodukcja ( $i, \mathbf{X}$ )
    # mutacja różnicowa
     $\mathbf{u}_i \leftarrow$  mutacja ( $F; \mathbf{x}_{i_1}, \mathbf{X}$ )
    # krzyżowanie wymieniające
     $\mathbf{o}_i \leftarrow$  krzyżowanie ( $C_r; \mathbf{x}_i, \mathbf{u}_i$ )
    # lokalna selekcja
    if  $f(\mathbf{o}_i) \leq f(\mathbf{x}_i)$  then
       $\mathbf{x}_i \leftarrow \mathbf{o}_i$ 
    end if
  end for
end while
return  $\arg \min_{\mathbf{x}} f(\mathbf{x}_i)$ 
```

- Parametr C oznacza prawdopodobieństwo przejścia elementu z wektora mutanta \mathbf{u}_i do wektora próbnego \mathbf{o}_i . Zawiera się w przedziale $\langle 0,1 \rangle$.
- Parametr F (zazwyczaj od 0.4 do 0.9) jest to czynnik skalujący wykorzystywany w mutacji do stworzenia wektora mutacji \mathbf{u}_i .
- Parametr N jest to wielkość populacji (ilość osobników)

$$i \neq i_1 \neq i_2 \neq i_3$$

$$\mathbf{u}_i \leftarrow \mathbf{x}_{i_1} + F \cdot (\mathbf{x}_{i_2} - \mathbf{x}_{i_3}).$$

$$o_j = \begin{cases} u_j & \text{jeżeli } \text{rand}(0,1) \leq C_r \\ x_j & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases} \quad \text{dla } j = 1, \dots, n.$$

Przykład

```
Zainicjować wartości parametrów  $C_r$ ,  $F$  i  $N_p$ 
Zainicjować populację  $\mathbf{X} \leftarrow \{\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_{N_p}\}$ 
while warunek zatrzymania nie spełniony do
  for all  $i \in \{1, 2, \dots, N_p\}$  do
    # reprodukcja
     $\mathbf{x}_{i_1} \leftarrow \text{reprodukcja}(i, \mathbf{X})$ 
    # mutacja różnicowa
     $\mathbf{u}_i \leftarrow \text{mutacja}(F; \mathbf{x}_{i_1}, \mathbf{X})$ 
    # krzyżowanie wymieniające
     $\mathbf{o}_i \leftarrow \text{krzyżowanie}(C_r; \mathbf{x}_i, \mathbf{u}_i)$ 
    # lokalna selekcja
    if  $f(\mathbf{o}_i) \leq f(\mathbf{x}_i)$  then
       $\mathbf{x}_i \leftarrow \mathbf{o}_i$ 
    end if
  end for
end while
return  $\arg \min_{\mathbf{x}} f(\mathbf{x}_i)$ 
```

$$i = 5$$

$$\mathbf{x}_{i_1} = 3$$

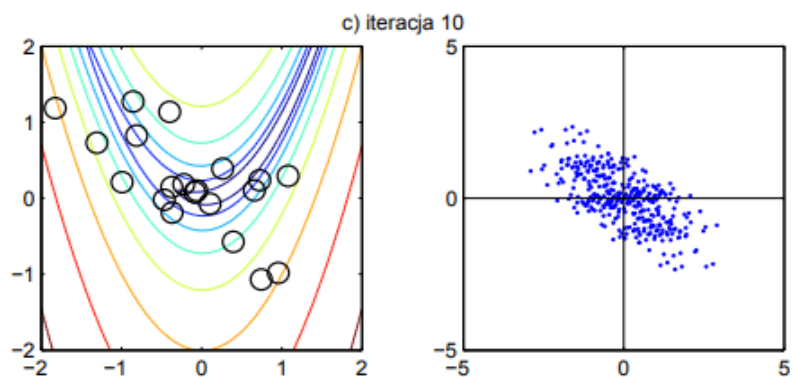
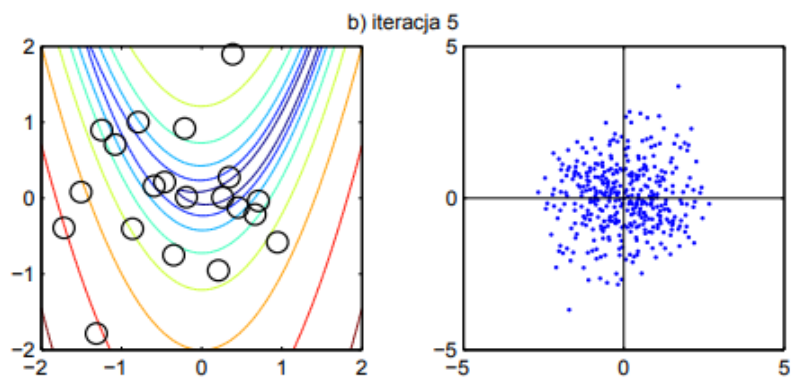
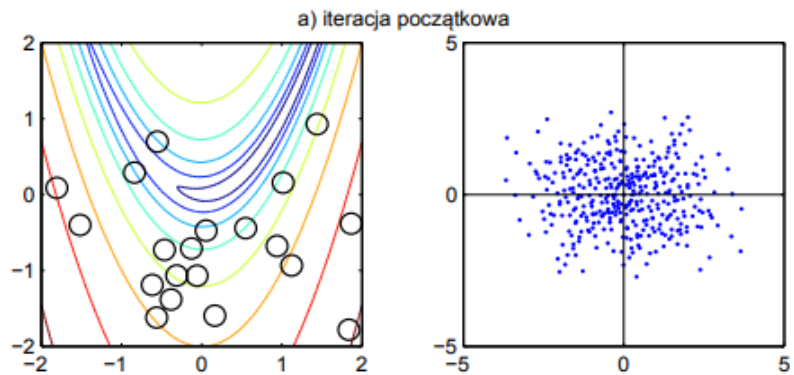
$$\mathbf{x}_{i_2} = 7$$

$$\mathbf{x}_{i_3} = 9$$

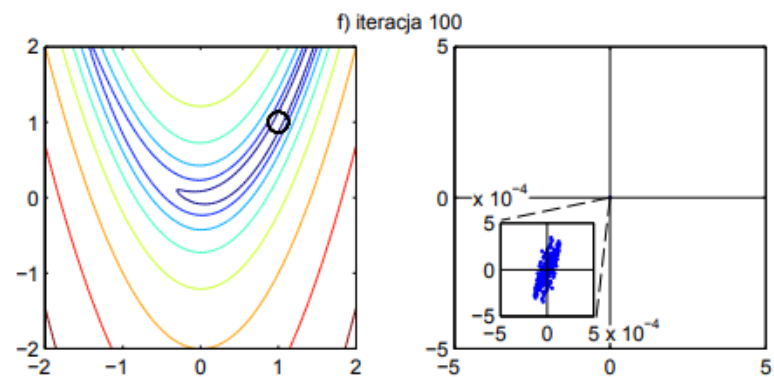
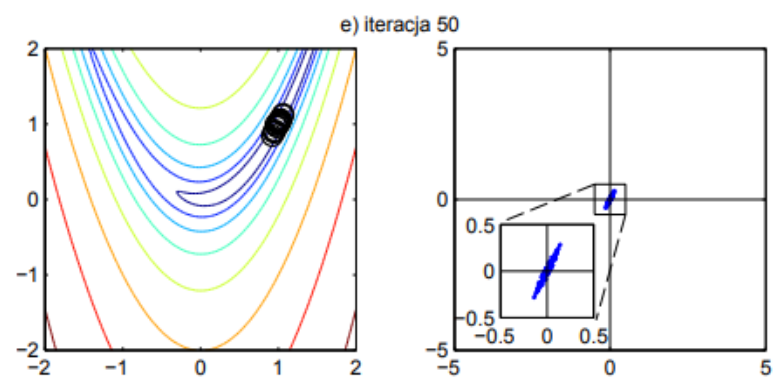
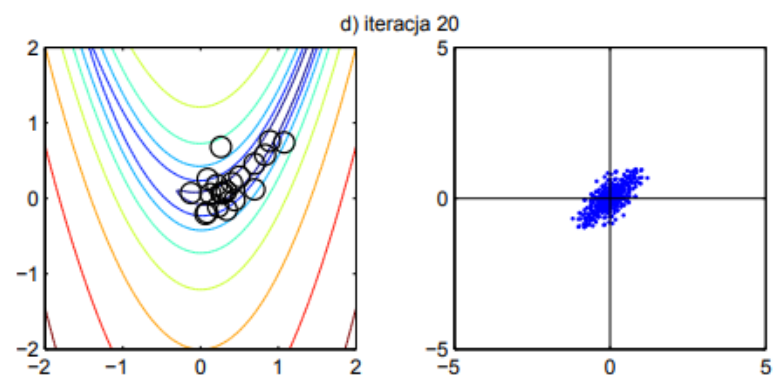
$$i \neq i_1 \neq i_2 \neq i_3$$

$$\mathbf{u}_i \leftarrow \mathbf{x}_{i_1} + F \cdot (\mathbf{x}_{i_2} - \mathbf{x}_{i_3}).$$

$$o_j = \begin{cases} u_j & \text{jeżeli } \text{rand}(0,1) \leq C_r \\ x_j & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases} \quad \text{dla } j = 1, \dots, n.$$



Funkcja celu
 Populacja
 Rozkład wektorów różnicowych



Funkcja celu
 Populacja
 Rozkład wektorów różnicowych

WARIANTY EWOLUCJI RÓŻNICOWEJ

Algorytm ewolucji różnicowej występuje w kilku wariantach, które są oznaczane za pomocą kodu:

DE/x/y/z

gdzie:

X – metoda wybierania wektora bazowego(rand, best, current)

Y – liczba par stosowanych w obliczeniach wektora różnicowego

$$\mathbf{u}_i \leftarrow \mathbf{x}_{i_1} + F_1 \cdot (\mathbf{x}_{i_2} - \mathbf{x}_{i_3}) + \dots + F_k \cdot (\mathbf{x}_{i_{2k}} - \mathbf{x}_{i_{2k+1}})$$

Z – schemat krzyżowania.

Podstawowym z wariantów jest DE/rand/1/bin polegający na wylosowaniu 3 osobników z populacji i dodaniu do wektora bazowego(pierwszego) przeskalowanej różnicy pomiędzy dwoma pozostałymi. Następnie wykonywane jest krzyżowanie dwumianowe.

ETAPY EWOLUCJI RÓŻNICOWEJ

- Reprodukacja
- Mutacja
- Krzyżowanie
- Selekcja

REPRODUKCJA

Reprodukcja polega na ustaleniu wektora bazowego wymaganego do przeprowadzenia mutacji. Wyznacza się go na różne sposoby, przeważnie losowo lub wybiera się najlepszego osobnika z populacji.

$$\mathbf{u}_i \leftarrow \mathbf{x}_{i_1} + F \cdot (\mathbf{x}_{i_2} - \mathbf{x}_{i_3}).$$

$$\mathbf{v}_i = \mathbf{x}_{Best} + F * (\mathbf{x}_{r_1} - \mathbf{x}_{r_2}) + F * (\mathbf{x}_{r_3} - \mathbf{x}_{r_4})$$

$$\mathbf{v}_i = \mathbf{x}_i + F * (\mathbf{x}_{r_1} - \mathbf{x}_{r_2})$$

MUTACJA

Mutacja polega na wyznaczeniu wektora mutanta na podstawie wybranego wariantu ewolucji oraz $Y+1$ osobników, gdzie Y jest to ilość par, przy czym osobnik x_{i_1} jest wektorem bazowym. Dla podstawowego wariantu wzór ma postać:

$$\mathbf{u}_i \leftarrow \mathbf{x}_{i_1} + F \cdot (\mathbf{x}_{i_2} - \mathbf{x}_{i_3})$$

Często wymaga się aby indeksy osobników biorących udział w mutacji były różne:

$$i \neq i_1 \neq i_2 \neq i_3$$

KRZYŻOWANIE

W ewolucji różnicowej wykorzystuje się krzyżowanie wymieniające. Polega na wymianie elementów wektorów x_i oraz u_i i przedstawieniem tego jako nowy wektor o_i . Każdy element tego wektora wyznaczany jest w następujący sposób:

$$o_j = \begin{cases} u_j & \text{jeżeli } \text{rand}(0,1) \leq C_r \\ x_j & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases} \quad \text{dla } j = 1, \dots, n.$$

SELEKCJA

Selekcja polega na porównaniu osobnika potomnego z jego rodzicem i wyborze lepszego z nich. Jest to jedna z różnic tego algorytmu ewolucyjnego od innych. Selekcja wykorzystywana w ewolucji różnicowej ma z jednej strony charakter zachłanny, z drugiej zaś lokalny w zbiorze osobników, co pozwala na utrzymywanie różnorodności populacji na wyższym poziomie.

BIBLIOGRAFIA I ŹRÓDŁA

- OPARA, Karol. *Analiza algorytmu ewolucji różnicowej i jego zastosowanie w wyznaczeniu zależności statystycznych*. 2014. PhD Thesis. The Institute of Electronic Systems.
- <http://aragorn.pb.bialystok.pl/~wkwedlo/EA6.pdf>
- <http://www.mini.pw.edu.pl/~mandziuk/2012-01-12.pdf>

DZIĘKUJEMY ZA UWAGĘ