

## Algorytm roju cząstek

Ćwiczenie laboratoryjne nr 4

*Metody inteligencji obliczeniowej*

### 1. Wprowadzenie

Algorytm roju cząstek (Particle Swarm Optimization, PSO) stanowi jedną z ważniejszych technik optymalizacji inspirowanej biologicznie. Opiera się o naśladowanie zachowań stadnych wśród zwierząt (ryb, owadów). Algorytm wprowadzili Kennedy i Eberhart w 1995 roku. Choć opracowano wiele wariantów PSO dla problemów kombinatorycznych to główną domeną tej techniki jest optymalizacja ciągła (dla której dziedziną funkcji oceny jest podzbiór wielowymiarowej przestrzeni liczb rzeczywistych).

Algorytm operuje na roju (populacji) cząstek. Położenie każdej cząstki  $x_i$  reprezentuje rozwiązanie w przestrzeni rozwiązań dopuszczalnych. Każda cząstka porusza się w przestrzeni z pewną prędkością – oznaczoną przez  $v_i$ . W każdej iteracji do wektora reprezentującego pozycję cząstki jest dodawany wektor reprezentujący jej prędkość. Na prędkość cząstki ma wpływ pozycja o największym przystosowaniu znaleziona przez cały rój  $g_{best}$  oraz pozycja o największym przystosowaniu odkryta przez cząstkę  $p_{best_i}$ .

Przebieg algorytmu można pokrótce zaprezentować w następujący sposób:

```
Stwórz populację rozwiązań  $x_1, x_2, \dots, x_{pop}$ 
Określ losowo  $v_1, v_2, \dots, v_{pop}$ 
k=1; /licznik iteracji/
While (warunek_stopu not true)
{
    Wyznacz przystosowanie  $f(x_1), f(x_2) \dots f(x_{pop})$ 
    Wyznacz  $g_{best}, p_{best_i}$  ( $i=1, \dots, pop$ )
    Dla każdej cząstki  $i$ 
    {
        Uaktualnij prędkość:
         $v_i = v_i + U(0, c_1) \cdot (p_{best_i} - x_i) + U(0, c_2) \cdot (g_{best} - x_i)$ 
        Uaktualnij położenie:
         $x_i = x_i + v_i$ 
    }
}
```

Przy czym:

pop – rozmiar populacji

$c_1, c_2$  – stałe współczynniki zwane współczynnikami akceleracji

$U(a, b)$  – generacja liczby losowej o rozkładzie jednostajnym w przedziale  $(a, b)$

Zmodyfikowana przez Clerca wersja algorytmu uwzględnia współczynnik ścisku  $\omega$  (ang. constriction factor) którego włączenie zapobiega niekontrolowanemu wzrostowi prędkości cząstki, zapewnia zbieżność i pozwala na pozbycie się parametru prędkości maksymalnej – wprowadzanego wcześniej dla uniknięcia tych problemów. Reguła aktualizacji prędkości w tym wariantcie wygląda następująco:

$$v_i = \omega [v_i + U(0, c_1) \cdot (pbest_i - x_i) + U(0, c_2) \cdot (gbest - x_i)]$$

gdzie:

$$\omega = \frac{2}{2 + \sqrt{\varphi^2 - 4\varphi}}$$

Gdzie  $\varphi = c_1 + c_2$  oraz  $\varphi > 4$ .

## 2. Realizacja ćwiczenia

Proszę, korzystając z algorytmu roju cząstek znaleźć minimum funkcji (tzw. funkcji ...)

$$f(x, y) = x^2 + y^2 - 20[\cos \pi x + \cos \pi y - 2]$$

w przedziale  $x, y \in [-10, 10]$ , przy założeniu że rozwiązanie jest reprezentowane przez wektor  $[x_i, y_i]$ .

Proszę zaimplementować najpierw algorytm klasyczny a potem wersję ze współczynnikiem ścisku.

Proszę zbadać:

- funkcjonowanie algorytmu dla  $c_1=c_2=2$
- funkcjonowanie algorytmu dla  $c_1=0, c_2=2$
- funkcjonowanie algorytmu dla  $c_1=2, c_2=0$

oraz kilku przypadków pośrednich.

- funkcjonowanie algorytmu dla  $c_1 = c_2 = 2,2$  ze współczynnikiem ścisku.

Uzyskany najlepszy wynik proszę w miarę możliwości porównać z algorytmem genetycznym – dedykowanym dla optymalizacji tej samej funkcji. Zakładamy użycie takiej samej liczby ewaluacji funkcji celu dla obu algorytmów (np. 2000). Przeprowadzenie (prawidłowo) takiego porównania będzie skutkowało podwyższeniem oceny ze sprawozdania.

Uwagi:

- A. Populację inicjujemy losowo.
- B. Proszę pamiętać o tym że zarówno położenie jak i prędkość są wektorami.
- C. Raz jeszcze: proszę pamiętać o niedeterministycznym charakterze algorytmu i porównywać nie pojedyncze wartości przystosowania najlepszego osobnika ale średnią z przynajmniej 10 uruchomień (oraz odchylenie standardowe).
- D. Raz jeszcze: Poza wspomnianą wyżej wartością przystosowania najlepszego osobnika warto analizować średnie przystosowanie w populacji i jego odchylenie standardowe
- E. Raz jeszcze: Analizę warto uzupełnić wykresami obrazującymi proces ewolucji (np. pokazując średnie i najlepsze przystosowanie w toku działania algorytmu).
- F. Obejrzyjcie sobie Państwo jak działa PSO w trybie animacji – to naprawdę pouczające doświadczenie (po to jest przykład 2D).

### 3. Sprawozdanie

Proszę w sprawozdaniu zawrzeć wyniki i wnioski ze zrealizowanych doświadczeń – dodatkowo proszę podać przykłady technik opartych o PSO i podać jakie ulepszenia oryginalnego algorytmu zostały doń wprowadzone (przykład: FIPSO – Fully Informed PSO). Jak zawsze wszelkie obserwacje i wnioski oraz przejawy inwencji (wykraczające poza suche dane i wyniki) są bardzo mile widziane i podwyższają ocenę sprawozdania.