



# Particle swarm optimization

Paweł Szoltysek

25 stycznia 2010

# Agenda

## Agenda

Wstęp

Algorytm PSO

Algorytm MEPSO

Zastosowanie

Bibliografia

Agenda

Wstęp

Algorytm PSO

Algorytm MEPSO

Zastosowanie

Bibliografia

# Wstęp

Agenda

Wstęp

Algorytm PSO

Algorytm MEPSO

Zastosowanie

Bibliografia

(Winged Migration trailer)

# Wstęp do algorytmu PSO

Agenda

Wstęp

Algorytm PSO

Algorytm MEPSO

Zastosowanie

Bibliografia

- ✓ O sile gatunku decyduje nie jednostka, a cała społeczność.
- ✓ Podstawa: dzielenie się informacją.

# Wstęp do algorytmu PSO

Agenda

Wstęp

Algorytm PSO

Algorytm MEPSO

Zastosowanie

Bibliografia

- ✓ O sile gatunku decyduje nie jednostka, a cała społeczność.
- ✓ Podstawa: dzielenie się informacją.

# Trochę historii

Agenda

Wstęp

Algorytm PSO

Algorytm MEPSO

Zastosowanie

Bibliografia

1995 - Eberhart *New optimizer using particle swarm theory*

2001 - Kennedy *Swarm Intelligence*

2003 - Van der Merwe *Data clustering using particle swarm optimization*

# PSO - informacje ogólne

Agenda

Wstęp

**Algorytm PSO**

Algorytm MEPSO

Zastosowanie

Bibliografia

- ✓ Algorytm stada cząstek naśladuje zachowania stadne. Podczas zdobywania własnego doświadczenia cząsteczki wzajemnie na siebie oddziałują, a członkowie populacji stopniowo przenoszą się w coraz lepsze obszary przestrzeni rozwiązań.
- ✓ Ogólnie: algorytmy bazują na zbiorze prostych osobników, wykonujących określone czynności, komunikujący się ze sobą.
- ✓ Brak scentralizowanego sterowania pracą wszystkich osobników.

# PSO - informacje ogólne

Agenda

Wstęp

**Algorytm PSO**

Algorytm MEPSO

Zastosowanie

Bibliografia

- ✓ Algorytm stada cząstek naśladuje zachowania stadne. Podczas zdobywania własnego doświadczenia cząsteczki wzajemnie na siebie oddziałują, a członkowie populacji stopniowo przenoszą się w coraz lepsze obszary przestrzeni rozwiązań.
- ✓ Ogólnie: algorytmy bazują na zbiorze prostych osobników, wykonujących określone czynności, komunikujący się ze sobą.
- ✓ Brak scentralizowanego sterowania pracą wszystkich osobników.

# PSO - informacje ogólne

Agenda

Wstęp

**Algorytm PSO**

Algorytm MEPSO

Zastosowanie

Bibliografia

- ✓ Algorytm stada cząstek naśladuje zachowania stadne. Podczas zdobywania własnego doświadczenia cząsteczki wzajemnie na siebie oddziałują, a członkowie populacji stopniowo przenoszą się w coraz lepsze obszary przestrzeni rozwiązań.
- ✓ Ogólnie: algorytmy bazują na zbiorze prostych osobników, wykonujących określone czynności, komunikujący się ze sobą.
- ✓ Brak scentralizowanego sterowania pracą wszystkich osobników.

# PSO - informacje ogólne

Agenda

Wstęp

Algorytm PSO

Algorytm MEPSO

Zastosowanie

Bibliografia

Główne cechy zachowania cząstek:

**Jednorodność** - każdy element ma z góry określony model zachowań, nie występuje stały lider

**Lokalność** - tylko najbliższe elementy mają wpływ na zachowanie każdego elementu

**Unikanie kolizji** z elementami w okolicy

**Dostosowanie prędkości** z elementami które są w okolicy

**Centrowanie stada** - próba trzymania się w odpowiedniej bliskości do innych elementów

# Algorytm PSO

Agenda

Wstęp

Algorytm PSO

Algorytm MEPSO

Zastosowanie

Bibliografia

Każda cząstka  $a \in 1, 2, \dots, A$  jest określana za pomocą jej pozycji  $X_{ai}$  i prędkości  $V_{ai}$  dla każdego z wymiarów  $i \in 1, 2, \dots, n$ .

W każdej z iteracji wyznaczamy nowe prędkości i pozycje cząstek.

$$V_{ai}(t + 1) = \omega V_{ai}(t) + C_1 \phi_1(P_{lai} - X_{ai}(t)) + C_2 \phi_2(P_{gi} - X_{ai}(t))$$
$$X_{ai}(t + 1) = X_{ai}(t) + V_{ai}(t + 1)$$

gdzie:

- ✓  $0 < \phi_1, \phi_2 < \phi_{max}$  - losowe wartości
- ✓  $C_1, C_2$  - stałe przyśpieszenia
- ✓  $\omega$  - współczynnik bezwładności
- ✓  $P_{la}$  - najlepsze rozwiązanie znalezione przez cząstkę  $a$
- ✓  $P_g$  - najlepsze globalne rozwiązanie

# Algorytm PSO

Agenda

Wstęp

Algorytm PSO

Algorytm MEPSO

Zastosowanie

Bibliografia

Każda cząstka  $a \in 1, 2, \dots, A$  jest określana za pomocą jej pozycji  $X_{ai}$  i prędkości  $V_{ai}$  dla każdego z wymiarów  $i \in 1, 2, \dots, n$ .

W każdej z iteracji wyznaczamy nowe prędkości i pozycje cząstek.

$$V_{ai}(t + 1) = \omega V_{ai}(t) + C_1 \phi_1(P_{lai} - X_{ai}(t)) + C_2 \phi_2(P_{gi} - X_{ai}(t))$$
$$X_{ai}(t + 1) = X_{ai}(t) + V_{ai}(t + 1)$$

gdzie:

- ✓  $0 < \phi_1, \phi_2 < \phi_{max}$  - losowe wartości
- ✓  $C_1, C_2$  - stałe przyśpieszenia
- ✓  $\omega$  - współczynnik bezwładności
- ✓  $P_{la}$  - najlepsze rozwiązanie znalezione przez cząstkę  $a$
- ✓  $P_g$  - najlepsze globalne rozwiązanie

# Algorytm PSO

Agenda

Wstęp

**Algorytm PSO**

Algorytm MEPSO

Zastosowanie

Bibliografia

## Listing 1: Algorytm PSO

```
1 while t < T do
2   for a = 1 to A do
3     Wyznacz  $f(X_a(t))$ 
4     Uaktualnij  $P_{la}(t)$  oraz  $P_g(t)$ 
5     Wyznacz ponownie prędkość oraz położenie
```

Oczekujemy, że po zakończeniu pracy algorytmu większość elementów będzie w bliskiej okolicy globalnego optimum przestrzeni poszukiwań.

# Algorytm PSO

Agenda

Wstęp

Algorytm PSO

Algorytm MEPSO

Zastosowanie

Bibliografia

(Algorytm PSO)

# Prezentacja działania algorytmu PSO

Agenda

Wstęp

**Algorytm PSO**

Algorytm MEPSO

Zastosowanie

Bibliografia

(Prezentacja oprogramowania przedstawiającego działanie algorytmu PSO.)

# Problem algorytmu PSO

- Agenda
- Wstęp
- Algorytm PSO
- Algorytm MEPSO**
- Zastosowanie
- Bibliografia

Najlepsze globalne rozwiązanie znalezione w początkowej fazie pracy algorytmu może być tylko lokalnym maksimum.  
Rozwiązanie: Multi-Elitist PSO (MEPSO).

# Algorytm MEPSO



Określamy  $\beta$  - wskaźnik wzrostu cząstki, który będziemy zwiększali z każdą poprawą wyniku osiąganego przez daną cząstkę.

## Listing 2: Algorytm MEPSO

```
for t=1 to T do
  if t<T then
    for a=1 to A do
      if f(Xa(t))>f(Xa(t-1)) then ba=ba+1;
      Uaktualnij Pla
      if f(Pla)>f(Pg) then dodaj do kandydatów Pla
      Oblicz b każdego kandydata
      Uaktualnij Pg kandydatem z bmax
      Wyznacz ponownie prędkość oraz położenie
    else
      Uaktualnij Pg elementem o max. f
```

# Zastosowanie algorytmu MEPSO do klasteryzacji

- Agenda
- Wstęp
- Algorytm PSO
- Algorytm MEPSO
- Zastosowanie**
- Bibliografia

Klasteryzacja to szczególny przypadek problemu optymalizacji. Częstka zawiera informacje o wszystkich centroidach klastrów. Oznaczmy  $C_{max}$  jako maksymalna ilość klastrów. Oznaczmy dalej  $\vec{c}_j$  jako centroid klastra  $j$  ( $j \in \{1, \dots, C_{max}\}$ ).

$$\vec{c}_j = \{c_{j1}, \dots, c_{jp}\}$$

gdzie  $p$  to wymiar przestrzeni.

# Zastosowanie algorytmu MEPSO do klasteryzacji

## Kodowanie cząstek dla stałej liczby klastrów

- Agenda
- Wstęp
- Algorytm PSO
- Algorytm MEPSO
- Zastosowanie**
- Bibliografia

Każda cząstka koduje dokładnie  $C_{max}$  centroidów.

$$X_{ai} = [\vec{c}_1, \dots, c_{C_{max}}^{\vec{}}]$$

Posiadając optymalne centroidy klas, wykorzystuje się takie algorytmy jak K-średnich w celu finalnej klasteryzacji elementów. Podobnie do  $X_{ai}$  zbudowany jest wektor prędkości.



# Zastosowanie algorytmu MEPSO do klasteryzacji

## Kodowanie cząstek dla nieustalonej liczby klastrów

- Agenda
- Wstęp
- Algorytm PSO
- Algorytm MEPSO
- Zastosowanie**
- Bibliografia

Rozszerzenie poprzedniego kodowania o  $C_{max}$  liczb rzeczywistych (ozn.  $t_j, j \in \{1, \dots, C_{max}\}$ ) z zakresu  $[0, 1]$ , będącymi aktywatorami klastra  $j$ .

$$X_{ai} = [t_1, \dots, t_{C_{max}} | \vec{c}_1, \dots, \vec{c}_{C_{max}}]$$

# Zastosowanie algorytmu MEPSO do klasteryzacji

## Funkcja przystosowania

- Agenda
- Wstęp
- Algorytm PSO
- Algorytm MEPSO
- Zastosowanie**
- Bibliografia

$$f(X_{ai}) = \frac{1}{XB_i + \epsilon}$$

gdzie  $\epsilon > 0$  to stała, a  $XB_i$  to wskaźnik Xie-Benni.

# Zastosowanie algorytmu MEPSO do klasteryzacji

## Wskaźnik Xie-Benni

- Agenda
- Wstęp
- Algorytm PSO
- Algorytm MEPSO
- Zastosowanie**
- Bibliografia

Wskaźnik Xie-Benni stanowi miarę klasteryzacji, która uwzględnia spójność i separację klastrów. Dążyć będziemy do jego maksymalizacji.

$$XB_i = \frac{\sum_{j=1}^C \sum_{k=1}^K u_{aj}^2 \|e_k - \vec{c}_j\|^2}{N * \min_{i \neq j} \|\vec{c}_j - \vec{c}_k\|}$$

gdzie  $C$  oznacza liczbę klastrów,  $K$  - liczbę elementów podlegających klasteryzacji,  $e_k$  oznacza  $k$ -ty element zbioru podlegającego klasteryzacji, a  $u_{jk}$  to funkcja przynależności elementu do klastra, definiowana jako funkcja 0-1 lub rozmyta funkcja przynależności

$$u_{jk} = \frac{(\|e_k - c_j\|)^{-\frac{1}{m-1}}}{\sum_{l=1}^C (\|e_k - c_l\|)^{-\frac{1}{m-1}}}$$

gdzie  $m$  oznacza indeks fuzyfikacji.

# Klasteryzacja zbioru ofert mieszkaniowych

- Agenda
- Wstęp
- Algorytm PSO
- Algorytm MEPSO
- Zastosowanie**
- Bibliografia

Podstawa: Szoltysek P. *Usage of 'dbscan' clusterization method to the set of housing sale offers* 7th. Students' Scientific Conference: Man - Civilization - Future. Papers of KNS 2009.

Sens klasteryzacji ofert mieszkaniowych.

Wyróżniono 14+1 cech charakteryzujących oferty mieszkaniowe (lokalizacyjne, budynku i mieszkania).

Dwie strategie wyszukiwania interesujących ofert:

- ✓ Klasteryzacja przestrzeni ofert mieszkań bez cen
- ✓ Klasteryzacja przestrzeni ofert mieszkań z cenami

# Klasteryzacja zbioru ofert mieszkaniowych

- Agenda
- Wstęp
- Algorytm PSO
- Algorytm MEPSO
- Zastosowanie**
- Bibliografia

Podstawa: Szołtysek P. *Usage of 'dbscan' clusterization method to the set of housing sale offers* 7th. Students' Scientific Conference: Man - Civilization - Future. Papers of KNS 2009.

## Sens klasteryzacji ofert mieszkaniowych.

Wyróżniono 14+1 cech charakteryzujących oferty mieszkaniowe (lokalizacyjne, budynku i mieszkania).

Dwie strategie wyszukiwania interesujących ofert:

- ✓ Klasteryzacja przestrzeni ofert mieszkań bez cen
- ✓ Klasteryzacja przestrzeni ofert mieszkań z cenami

# Klasteryzacja zbioru ofert mieszkaniowych

- Agenda
- Wstęp
- Algorytm PSO
- Algorytm MEPSO
- Zastosowanie**
- Bibliografia

Podstawa: Szołtysek P. *Usage of 'dbscan' clusterization method to the set of housing sale offers* 7th. Students' Scientific Conference: Man - Civilization - Future. Papers of KNS 2009.

Sens klasteryzacji ofert mieszkaniowych.

Wyróżniono 14+1 cech charakteryzujących oferty mieszkaniowe (lokalizacyjne, budynku i mieszkania).

Dwie strategie wyszukiwania interesujących ofert:

- ✓ Klasteryzacja przestrzeni ofert mieszkań bez cen
- ✓ Klasteryzacja przestrzeni ofert mieszkań z cenami

# Klasteryzacja zbioru ofert mieszkaniowych

- Agenda
- Wstęp
- Algorytm PSO
- Algorytm MEPSO
- Zastosowanie**
- Bibliografia

Podstawa: Szołtysek P. *Usage of 'dbscan' clusterization method to the set of housing sale offers* 7th. Students' Scientific Conference: Man - Civilization - Future. Papers of KNS 2009.

Sens klasteryzacji ofert mieszkaniowych.

Wyróżniono 14+1 cech charakteryzujących oferty mieszkaniowe (lokalizacyjne, budynku i mieszkania).

Dwie strategie wyszukiwania interesujących ofert:

- ✓ Klasteryzacja przestrzeni ofert mieszkań bez cen
- ✓ Klasteryzacja przestrzeni ofert mieszkań z cenami

# Implementacja i testy

- Agenda
- Wstęp
- Algorytm PSO
- Algorytm MEPSO
- Zastosowanie**
- Bibliografia

Zaimplementowano algorytm MEPSO, który następnie przetestowano dla różnych parametrów:

- ✓ liczba iteracji algorytmu
- ✓ liczba cząstek
- ✓ parametry algorytmu poprawy położenia cząstek
- ✓ maksymalna ilość klastrów

W sumie 7 parametrów.

# Porównanie algorytmów MEPSO i DBSCAN

- Agenda
- Wstęp
- Algorytm PSO
- Algorytm MEPSO
- Zastosowanie**
- Bibliografia

Zauważono:

- ✓ Dużą złożoność obliczeniową podczas wyznaczania parametrów początkowych.

Oczekuje się:

- ✓ Dla odpowiednio dobranych parametrów poprawnie przeprowadzanej klasteryzacji przez MEPSO.
- ✓ Mniejszego czasu wykonywania klasteryzacji MEPSO dla zadanych parametrów względem algorytmu DBSCAN.

# Bibliografia

- Agenda
- Wstęp
- Algorytm PSO
- Algorytm MEPSO
- Zastosowanie
- Bibliografia**

- ✓ Abraham A., Das S., Roy S. *Swarm Intelligence Algorithms for Data Clustering*, Oded Maimon and Lior Rokach (Eds.), Springer Verlag, Germany, pp. 279-313, 2007.
- ✓ Cui X., Potok T., Palathingal P. *Document Clustering using Particle Swarm Optimization*, IEEE Swarm Intellience Symp., Pasadena, 2005.
- ✓ Eberhart, R. C., Kennedy, J. A. *New optimizer using particle swarm theory* Proceedings of the Sixth International Symposium on Micromachine and Human Science, Nagoya, Japan, pp. 39-43, 1995.
- ✓ Omran M., Engelbrecht A.P., Salman A. *Particle Swarm Optimization Method for Image Clustering* International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence, 19(3), pp. 297-322, 2005.
- ✓ Omran M., Salman A. and Engelbrecht A.P. *Image Classification using Particle Swarm Optimization* Conference on Simulated Evolution and Learning, volume 1, pp. 370 - 374, 2002.
- ✓ Van der Merwe D. W., Engelbrecht A. P. *Data clustering using particle swarm optimization* Proceedings of IEEE Congress on Evolutionary Computation 2003 (CEC 2003), Canbella, Australia. pp. 215-220, 2003