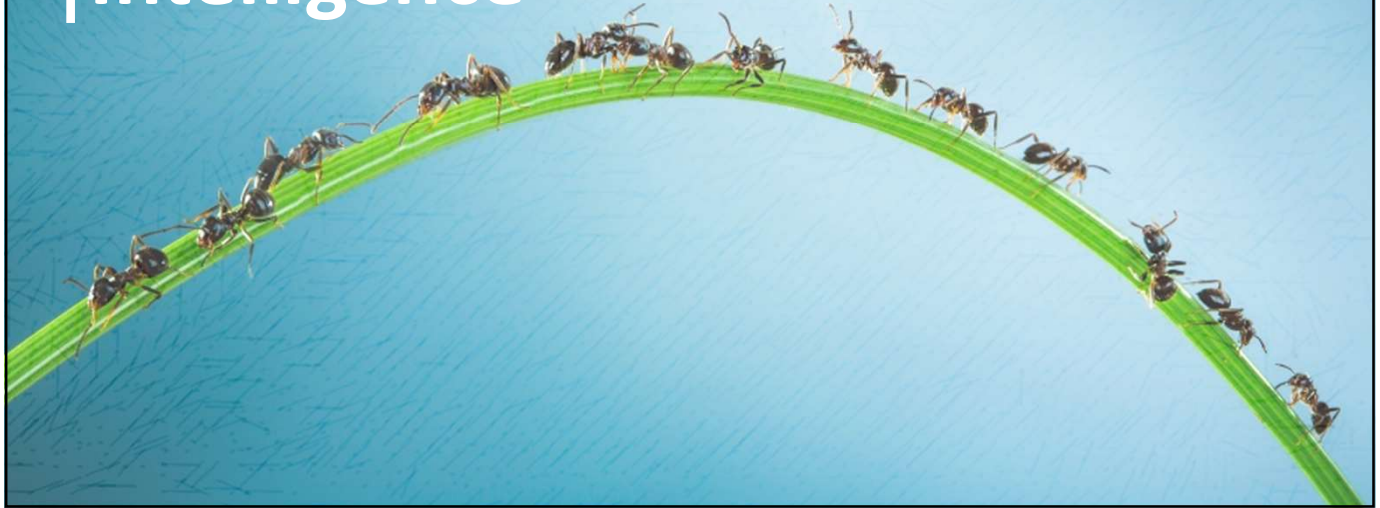


Swarm Intelligence

Kecerdasan Komputasional

Dr. Indah Agustien S.,S.Kom., M.Kom.
Universitas Trunojoyo Madura



1

Swarm Intelligence Content

1 Swarm Intelligence

2 Particle Swarm Optimization

3 Ant Colony Optimization

2

Swarm Intelligence

- Terinspirasi pola kerjasama antar anggota suatu koloni makhluk hidup
- Dengan kerjasama antar anggota koloni tersebut dapat mencapai tujuan secara optimal

Kecerdasan Komputasional | Swarm Intelligence

3

Swarm Intelligence

Koloni Makhluk Hidup



Burung



Semut



Lebah

Kecerdasan Komputasional | Swarm Intelligence

4

Particle Swarm Optimization - PSO

- **Pergerakan burung dalam koloninya**
- **Setiap burung bergerak secara teratur, bergerak bersama-sama menuju daerah tertentu**
- **Tidak ada satu burung pun terbang berlawanan arah**

Kecerdasan Komputasional | Swarm Intelligence

5

Particle Swarm Optimization - PSO

PSO untuk permasalahan optimasi

Contoh permasalahan optimasi :
penjadwalan, pencarian rute terbaik, seleksi fitur,
pencarian fungsi optimal, dll

setiap burung dianggap sebagai agen untuk mencari
kandidat solusi dalam ruang pencarian

Kecerdasan Komputasional | Swarm Intelligence

6

Particle Swarm Optimization - PSO

- Burung dalam koloni direpresentasikan menjadi partikel dalam PSO
- Untuk permasalahan optimasi ini, partikel merupakan representasi kandidat solusi
- Inisialisasi dilakukan dengan cara membangkitkan sejumlah partikel secara acak
- Setiap partikel bergerak untuk menuju tujuan/solusi optimal

Kecerdasan Komputasional | Swarm Intelligence

7

Properti PSO

Partikel bergerak berdasarkan tiga kecepatan :

1

Inertia Velocity :
kecepatan
partikel

2

Cognitive Velocity :
posisi terbaik yang
pernah dimiliki
partikel

3

Social velocity :
posisi terbaik dari
suatu partikel pada
koloni

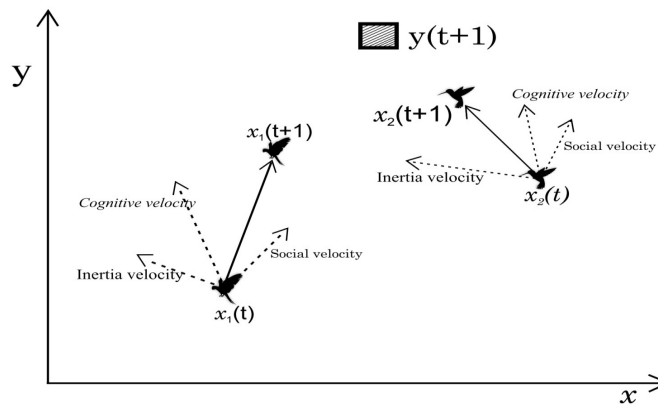
Fungsi Fitness : Fungsi yang menentukan keoptimalan posisi dari suatu partikel
(posisi terbaik partikel)

Kecerdasan Komputasional | Swarm Intelligence

8

Properti PSO

Inertia, Cognitive, dan Social Velocity suatu partikel :



Kecerdasan Komputasional | Swarm Intelligence

9

Algoritma PSO

Update Partikel :

$$x_i(t+1) = x_i(t) + v_i(t+1)$$

$x_i(t)$: Posisi Partikel ke- i , iterasi ke - t

$v_i(t+1)$: *velocity* partikel ke- i , yang dipengaruhi oleh *cognitive*, dan *social velocity*.

Kecerdasan Komputasional | Swarm Intelligence

10

Algoritma PSO

Update Velocity:

$$v_i(t + 1) = c_0 v_i(t) + c_1 r_1(t)[p_i(t) - x_i(t)] + c_2 r_2(t)[p_g(t) - x_i(t)]$$

- c_0 , c_1 dan c_2 : konstanta untuk inertia, cognitive, dan social velocity
- r_1 dan r_2 : elemen stochastic yang dibangkitkan secara acak antara [0..1]
- p_i : *Personal Best Position* partikel ke- i , posisi terbaik yang pernah dicapai oleh partikel ke- i , selama iterasi ke-1 sampai dengan Iterasi ke- t
- p_g : *Global Best Postion* adalah posisi terbaik diantara semua partikel

Kecerdasan Komputasional | Swarm Intelligence

11

Algoritma PSO

Posisi terbaik ditentukan oleh Fungsi Fitness, yaitu nilai fitness terkecil

Personal Best Position (p_i) :

$$p_i(t) = \begin{cases} p_i(t - 1), & \text{jika } f(x_i(t)) \geq f(p_i(t - 1)) \\ x_i(t), & \text{jika } f(x_i(t)) < f(p_i(t - 1)) \end{cases}$$

- $p_i(t)$: personal best position pada iterasi ke- t
- $p_i(t - 1)$: personal best position sebelumnya
- $x_i(t)$: partikel pada iterasi ke- t
- $f(x)$: fungsi fitness

Kecerdasan Komputasional | Swarm Intelligence

12

Algoritma PSO

Global Best Position (p_g) :

$$p_g(t) \in \{p_0(t), p_1(t), \dots, p_n(t)\} | f(p_g(t)) = \min\{f(p_0(t), f(p_1(t), \dots, f(p_n(t)))\}$$

$p_g(t)$: Global Best Position

$p_0(t), p_1(t), \dots, p_n(t)$: personal best position dari partikel k-0, partikel ke-1, sampai dengan partikel ke-n.

Kecerdasan Komputasional | Swarm Intelligence

13

Algoritma PSO

1. Bangkitkan sejumlah n partikel (baik **posisi** dan **kecepatan**) secara acak
2. Selama kondisi terpenuhi, maka lakukan perulangan berikut

Untuk setiap partikel ke – i :

- i. if $f(x_i) < f(p_i)$ then $p_i = x_i$
- ii. $p_g = \min(p_{neighbors})$
- iii. $v_i(t + 1) = c_0 v_i(t) + c_1 r_1(t)[p_i(t) - x_i(t)] + c_2 r_2(t)[p_g(t) - x_i(t)]$
- iv. $x_i(t + 1) = x_i(t) + v_i(t + 1)$

Kecerdasan Komputasional | Swarm Intelligence

14

Studi Kasus

Fungsi Matematika :

$$y = x^2 + 5x + 10$$

Tentukan nilai x , agar nilai y minimal

Kecerdasan Komputasional | Swarm Intelligence

15

PSO

1. Bangkitkan n partikel, misal 5 partikel, antara lain :

$$x_1(0) = -6; v_1(0) = 0.1$$

$$x_2(0) = 4; v_2(0) = 0.1$$

$$x_3(0) = -2; v_3(0) = 0.5$$

$$x_4(0) = -1; v_4(0) = 0.2$$

$$x_5(0) = 2; v_5(0) = 0.7$$

Kecerdasan Komputasional | Swarm Intelligence

16

PSO

2. Iterasi ke-0

- a. Hitung Nilai Personal Best Position masing-masing partikel. Karena $t=0$, maka $p_i = x_i$

$$p_1(0) = -6;$$

$$p_2(0) = 4;$$

$$p_3(0) = -2;$$

$$p_4(0) = -1;$$

$$p_5(0) = 2$$

Kecerdasan Komputasional | Swarm Intelligence

17

PSO

- b. Hitung nilai Global Best Position, berdasarkan fungsi fitness :

$$\begin{aligned} f(p_1(0)) &= p_1^2 + 5 \times p_1 + 10 \\ &= -6^2 + 5 \times -6 + 10 \\ &= 16 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f(p_2(0)) &= f(x_2(0)) \\ &= 4^2 + 5 \times 4 + 10 \\ &= 46 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f(p_3(0)) &= f(x_3(0)) \\ &= -2^2 + 5 \times -2 + 10 \\ &= 4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f(p_4(0)) &= f(x_4(0)) \\ &= -1^2 + 5 \times -1 + 10 \\ &= 18 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f(p_5(0)) &= f(x_5(0)) \\ &= 2^2 + 5 \times 2 + 10 \\ &= 24 \end{aligned}$$

Karena nilai paling minimal adalah 4, maka $p_g = -2$

Kecerdasan Komputasional | Swarm Intelligence

18

PSO

d. Update posisi masing-masing partikel :

$$\begin{aligned}
 x_i(1) &= x_i(0) + v_i(1) \\
 x_1(1) &= x_1(0) + v_1(1) \\
 &= -6 + 0.9 = -5.1 \\
 x_2(1) &= x_2(0) + v_2(1) \\
 &= 4 + (-1.1) = 2.9 \\
 x_3(1) &= x_3(0) + v_3(1) \\
 &= -2 + 0.5 = -1.5 \\
 x_4(1) &= x_4(0) + v_4(1) \\
 &= -1 + 0 = -1 \\
 x_5(1) &= x_5(0) + v_5(1) \\
 &= 2 + (-0.1) = 1.9
 \end{aligned}$$

Kecerdasan Komputasional | Swarm Intelligence

19

PSO

3. Iterasi ke-1, lakukan hal yang sama :

- a. Hitung Personal best position berdasarkan fungsi fitness, dan bandingkan dengan personal best position sebelumnya

i	$p_i(0)$	$f(p_i(0))$	$x_i(1)$	$f(x_i(1))$	$p_i(1)$
1	-6	16	-5.1	10.51	-5.1
2	4	46	2.9	32.91	2.9
3	-2	4	-1.5	4.75	-2
4	-1	18	-1	6	-1
5	2	24	1.9	23.11	1.9

Kecerdasan Komputasional | Swarm Intelligence

20

PSO

- b. Hitung global best position, berdasarkan tabel sebelumnya, nilai minimal adalah 4, yaitu pada saat $x_i = -2$, oleh karena itu $p_g = -2$

Kecerdasan Komputasional | Swarm Intelligence

21

PSO

Update posisi masing-masing partikel :

$$\begin{aligned}
 x_i(2) &= x_i(1) + v_i(2) \\
 x_1(2) &= x_1(1) + v_1(2) \\
 &= -5.1 + 1.52 = -4.9 \\
 x_2(2) &= x_2(1) + v_2(2) \\
 &= 2.9 + (-2.08) = 0.82 \\
 x_3(2) &= x_3(1) + v_3(2) \\
 &= -1.5 + (0.35) = -1.15 \\
 x_4(2) &= x_4(1) + v_4(2) \\
 &= -1 + (-0.2) = -1.2 \\
 x_5(2) &= x_5(1) + v_5(2) \\
 &= 1.9 + (-0.88) = 1.02
 \end{aligned}$$

Kecerdasan Komputasional | Swarm Intelligence

22

PSO

Update posisi masing-masing partikel :

$$\begin{aligned}
 x_i(2) &= x_i(1) + v_i(2) \\
 x_1(2) &= x_1(1) + v_1(2) \\
 &= -5.1 + 1.52 = -4.9 \\
 x_2(2) &= x_2(1) + v_2(2) \\
 &= 2.9 + (-2.08) = 0.82 \\
 x_3(2) &= x_3(1) + v_3(2) \\
 &= -1.5 + (0.35) = -1.15 \\
 x_4(2) &= x_4(1) + v_4(2) \\
 &= -1 + (-0.2) = -1.2 \\
 x_5(2) &= x_5(1) + v_5(2) \\
 &= 1.9 + (-0.88) = 1.02
 \end{aligned}$$

Lakukan terus menerus sampai dengan iterasi tertentu

Kecerdasan Komputasional | Swarm Intelligence

23

Implementasi PSO

1. Permasalahan – Fungsi Matematika
2. Pencarian pbest dan gbest
3. Solusi Optimal

Kecerdasan Komputasional | Swarm Intelligence

24

