

## Inteligência Coletiva

Fenômeno associado a sistemas que operam em grupos compostos por dois ou mais indivíduos.

Em particular, fenômeno coletivo que fornece uma função adaptativa que não está disponível a indivíduos que operam isoladamente.

Seja um grupo de pessoas caminhando por um shopping e um cardume de peixes: o comportamento do indivíduo é afetado pelo comportamento dos seus vizinhos.

No primeiro caso, as trajetórias não são dependentes de um comportamento coletivo adaptativo.

No segundo caso, as trajetórias produzem um movimento centrípeto que protege os peixes de predadores.

# Inteligência Coletiva

Fenômenos coletivos se baseiam em:

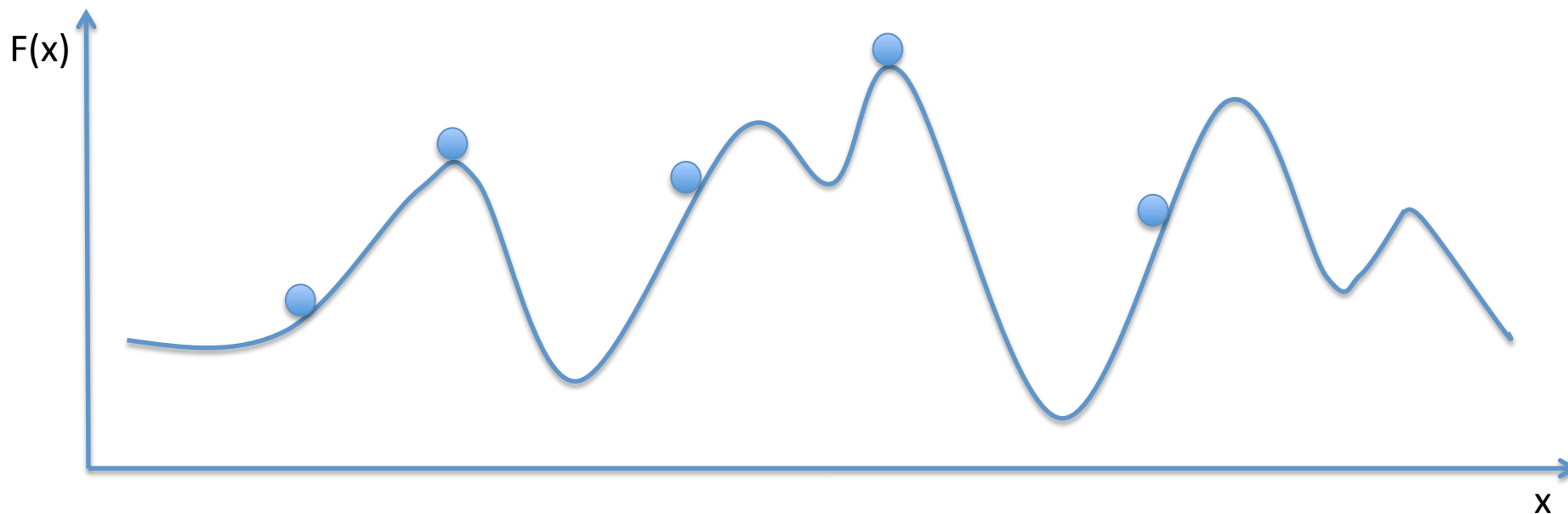
- regras simples;
- informação local;
- não requerem planejamento global nem coordenador central;
- são robustos a mal funcionamento ou desvios de algum indivíduo.

Otimização por enxame de partículas (*Particle Swarm Optimization* – PSO) é um dos exemplos de estratégias de inteligência coletiva, inspirada em bando de aves em busca por alimento.

PSO consiste de um número de partículas (aves) que coletivamente se movem no espaço de busca na procura do ótimo global.

# Inteligência Coletiva

Na figura abaixo, tem-se um enxame de cinco partículas em busca do mínimo global de uma função de uma dimensão definida no domínio dos valores reais.



# Inteligência Coletiva

Cada partícula é caracterizada por sua posição e seu desempenho, *i.e.* no caso da otimização de uma função de uma variável, cada partícula será caracterizada pelo valor da variável e pelo valor correspondente da função.

Inicialmente, as partículas são distribuídas aleatoriamente no espaço de busca e se movem de acordo com a informação local.

Cada partícula:

- informa seu desempenho para partículas vizinhas;
- pode lembrar a posição onde registrou o melhor desempenho até o momento;
- pode informar a posição da partícula vizinha com melhor desempenho.

## Inteligência Coletiva

Cada partícula atualiza sua posição adicionando frações de três deslocamento:

- uma fração do deslocamento na mesma direção que estava seguindo no passo anterior;
- uma fração do deslocamento na direção da posição onde registrou o melhor desempenho até o momento;
- uma fração do deslocamento na direção da posição da vizinha com o melhor desempenho no momento.

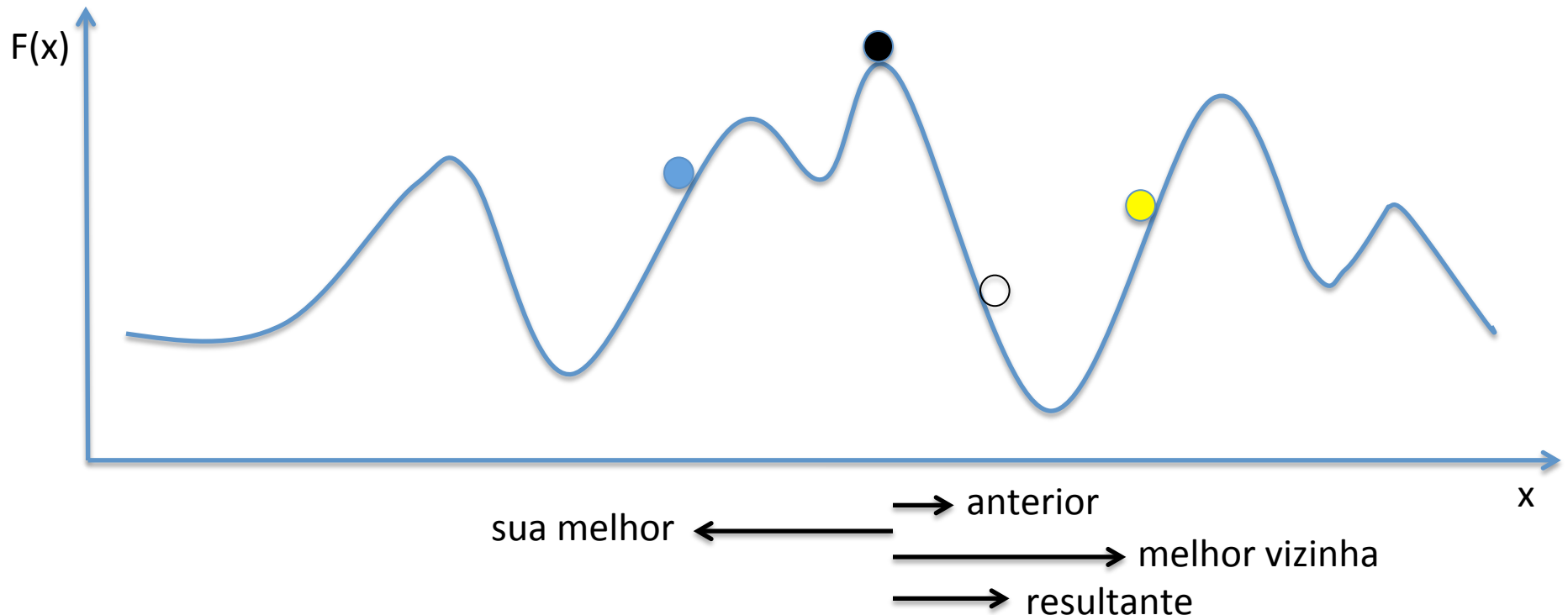
A nova posição  $x_i^{t+1}$  de uma partícula  $i$  é dada por:

$$x_i^{t+1} = x_i^t + v_i^{t+1}$$

onde  $v_i^{t+1}$  é a nova velocidade da partícula.

# Inteligência Coletiva

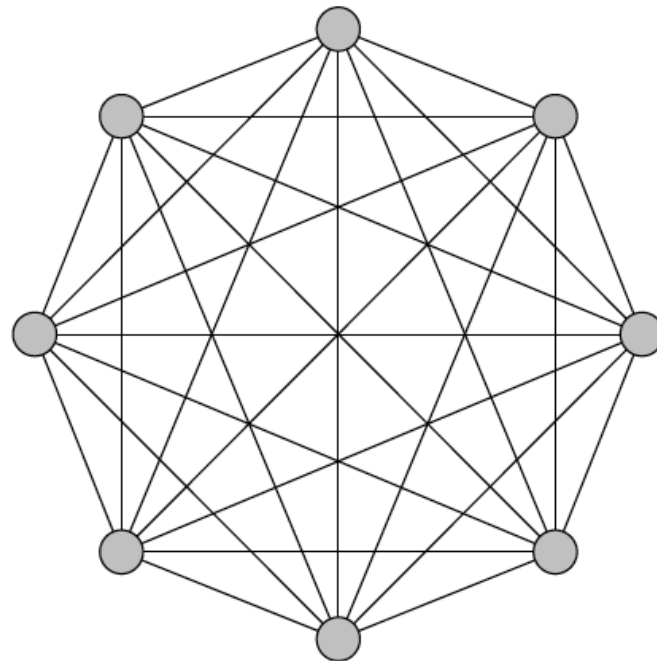
A atualização da posição de uma partícula (preto) é calculada pela soma das três direções: anterior, da sua melhor posição até o momento (azul) e da posição da sua melhor vizinha no momento (amarela).



# Inteligência Coletiva

No algoritmo denominado Global Best (Gbest), a vizinhança de cada partícula é formada por todas as demais partículas do enxame.

A topologia empregada é em estrela, onde os círculos correspondem às partículas e as linhas às conexões entre cada partícula e suas vizinhas.



# Inteligência Coletiva

## Algoritmo Global Best PSO

Crie e inicialize um exame com  $n$  partículas;

repita

para  $i := 1$  a  $n$  faça

Calcule a aptidão da partícula;

se  $aptidão_i \leq pbest_i$  então

Atualize  $pbest$  com a nova posição da partícula;

se  $pbest_i \leq gbest$  então

Atualize  $gbest$  com a nova posição;

Atualize a velocidade da partícula;

Atualize a posição da partícula;

até Condição de parada;

retorne Melhor resultado.



## Inteligência Coletiva

O primeiro passo no algoritmo é realizar a distribuição das partículas no espaço de busca e inicializar seus parâmetros de controle:

$$x_j(0) = x_{min,j} + r_j(x_{max,j} - x_{min,j})$$
$$v_j(0) = 0$$

onde:

- $j$  representa a dimensão;
- $x_{max,j}$  e  $x_{min,j}$  representam os valores máximo e mínimo do espaço de busca;
- $r_j$  representa um fator aleatório entre  $[0,1]$ .

## Inteligência Coletiva

A velocidade é o elemento que promove a capacidade de locomoção:

$$v_{ij}(t+1) = wv_{ij}(t) + c_1r_1(y_{ij} - x_{ij}(t)) + c_2r_2(y_j - x_{ij}(t))$$

onde:

- $w$  é designado coeficiente de inércia;
- $r_1$  e  $r_2$  são valores aleatórios no intervalo  $[0,1]$ ;
- $c_1$  e  $c_2$  são constantes positivas;
- $y_{ij}$  é a melhor posição visitada pela partícula  $i$ , na dimensão  $j$ ;
- $y_{ij} - x_{ij}(t)$  é a diferença entre a posição da partícula  $i$ , onde registrou o melhor desempenho  $p$ , até o momento, e sua posição atual;
- $y_j$  é a melhor posição na dimensão  $j$ , atingida no passado, entre todas as partículas, correspondente a  $gbest$ ;
- $y_j - x_{ij}(t)$  é a diferença entre a posição da partícula vizinha  $j$ , com o melhor desempenho no momento, e a posição da partícula  $i$ .

# Inteligência Coletiva

A equação da velocidade é composta por três termos:

- a velocidade anterior ( $wv_{ij}(t)$ ), que é como uma memória da direção do movimento no passado mais recente, denominada componente de inércia;
- o componente cognitivo ( $c_1r_1(y_{ij} - x_{ij}(t))$ ), que quantifica o desempenho da partícula  $i$  em relação a desempenhos anteriores, atraindo a partícula para sua melhor posição no passado;
- o componente social ( $c_2r_2(y_j - x_{ij}(t))$ ), que quantifica o desempenho da partícula  $i$  em relação ao desempenho de sua vizinhança, atraindo a partícula para a melhor posição encontrada pelo grupo de partículas.

## Inteligência Coletiva

Para limitar a velocidade da partícula, a fim de que não saia do espaço de busca, são impostos limites denominados  $v_{max,j}$ , em cada dimensão do espaço de busca, de acordo com:

$$v_{ij}(t+1) = \begin{cases} v'_{ij}(t+1) & \text{se } v'_{ij}(t+1) < v_{max,j} \\ v'_{max,j} & \text{se } v'_{ij}(t+1) \geq v_{max,j} \end{cases}$$

A posição de cada partícula é calculada como:

$$x_{ij}(t+1) = v_{ij}(t+1) + x_{ij}(t)$$

onde  $x_{ij}(t+1)$  representa a posição atual e  $x_{ij}(t)$  a posição anterior.

## Inteligência Coletiva

A velocidade guia o processo de otimização, refletindo tanto a experiência da partícula quanto a troca de informação entre as partículas.

Conhecimento experimental de cada partícula refere-se ao comportamento cognitivo, que é proporcional à distância entre a partícula e sua melhor posição, desde a primeira iteração.

A troca de informação entre partículas refere-se ao comportamento social.

É importante que a condição de parada não implique em interromper o algoritmo prematuramente, antes de obter um resultado satisfatório, ou levar a um processamento desnecessário, quando o resultado já tiver sido alcançado.

## Inteligência Coletiva

Utilizando número máximo de iterações, o término da otimização pode acontecer antes de encontrar uma boa solução, caso seja pequeno, ou pode levar a um custo computacional desnecessário, caso seja grande.

Utilizando uma solução aceitável, o processo de otimização é interrompido quando for encontrado um erro aceitável entre o valor da função objetivo e o ótimo global, o que impõe o conhecimento deste.

Quando nenhuma melhoria é observada após um número de iterações, isto é, o valor de aptidão ou a média da velocidade é aproximadamente zero, o processo de busca pode ser interrompido.