

---

---

# Algoritmos Exactos y Metaheurísticas

## Primer Semestre 2025

Universidad Diego Portales  
Prof. Víctor Reyes Rodríguez

---

---

# Objetivos

- Algoritmos de Inteligencia de Enjambre
  - Particle Swarm Optimization (PSO)
-

---

# Inteligencia de Enjambre

- Algoritmos que se inspiran en el comportamiento de especies, como: hormigas, abejas, peces, aves, murciélagos, entre otros.
  - Nacen del comportamiento social de estas especies para competir por la comida.
  - La característica principal es la “cooperación” mediante una comunicación indirecta, para así ejecutar movimientos en el espacio de búsqueda.
  - Categoría: MH de poblaciones
-

---

# Particle Swarm Optimization (PSO)

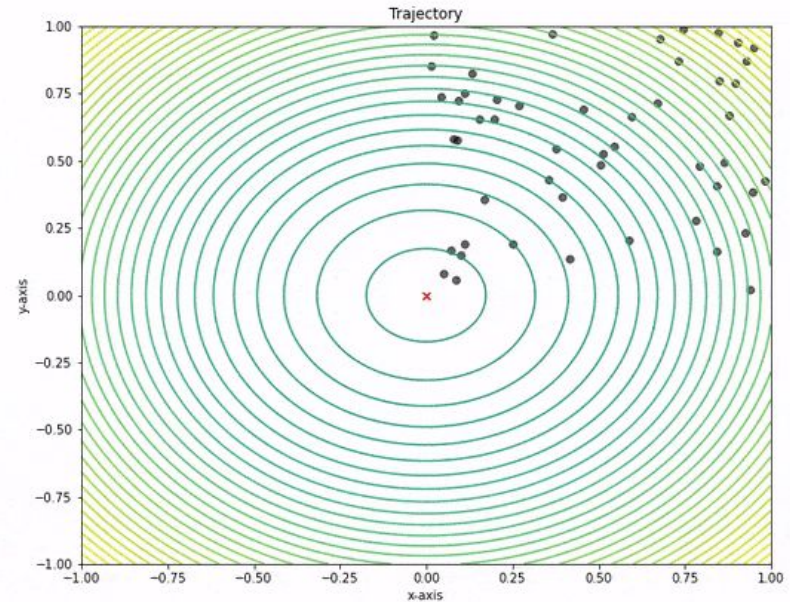
1. Propuesto por James Kennedy y Russell Eberhart (1995)
2. Inspirado en el movimiento de las bandadas de aves.
3. Propuesto inicialmente para problemas continuos. La comunicación entre agentes maneja diversificación e intensificación.



---

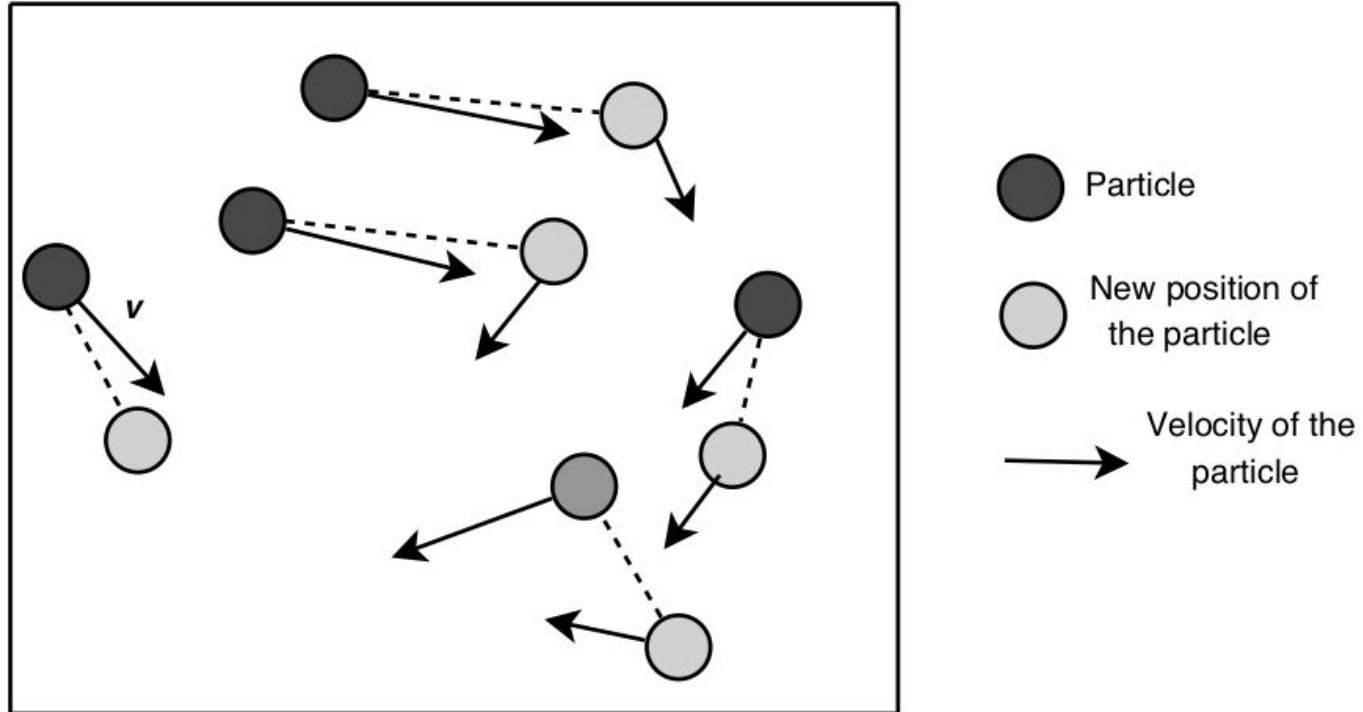
# Particle Swarm Optimization (PSO)

1. Cada partícula  $i$  es una solución candidata al problema y es representada por el vector  $x_i$  (posición).
2. Cada partícula tiene su propia posición y velocidad. Este último indica la dirección de vuelo y el paso.
3. Es un algoritmo cooperativo, en el sentido que la(s) mejor(es) partícula(s) influyen en el comportamiento de sus compañeras.



---

# Particle Swarm Optimization (PSO)



---

# PSO: Componentes

1. Cada partícula cambia su posición  $x_i$  a través de dos factores:
    - a. La mejor posición encontrada encontrada por sí misma, denotado por:  $p_i=(p_{i1}, p_{i2}, ..., p_{iD})$ .
    - b. La mejor posición encontrada por el enjambre o un subconjunto de ella (vecindario), denotado por:  $p_g=(p_{g1}, p_{g2}, ..., p_{gD})$
-

---

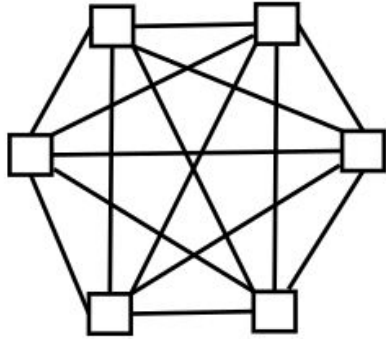
# PSO: Vecindario de Partículas

1. Se debe definir un vecindario para cada partícula. Este vecindario denota la **componente social** entre partículas. Por lo general dos métodos son utilizados:
    - a. Método *gbest* (mejor global): El vecindario se define como la completa población de partículas.
    - b. Método *lbest* (mejor local): Una cierta topología es asociada con el enjambre. Por tanto, el vecindario de una partícula es un conjunto de partículas conectadas.
-

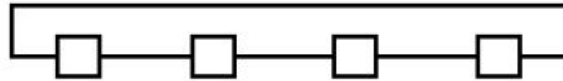


---

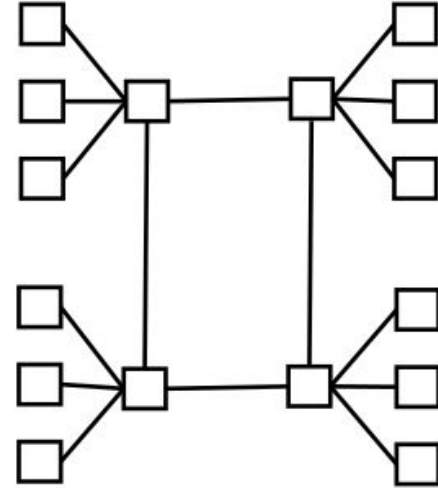
# PSO: Vecindario de Partículas



(a) Complete graph



(b) Local structure: a ring



(c) "Small world graph"

De acuerdo al tipo de vecindario usado, un líder (gbest o lbest) representará la partícula que guía al resto (o subconjunto) de partículas hacia zonas prometedoras del espacio de búsqueda.

---

---

# PSO: Composición

1. Una partícula está compuesta por:
    - a. Un vector  $x$  que almacena la posición (ubicación) de la partícula en el espacio de búsqueda.
    - b. Un vector  $p$  que almacena la ubicación de la mejor solución encontrada por la partícula.
    - c. Un vector  $v$  que almacena la dirección hacia donde irá la partícula.
-

---

# PSO: Composición

1. En cada iteración, cada partícula realizará las siguientes acciones:
  - a. Actualización de la velocidad: Define la cantidad de cambio que se le aplicará a una partícula:

$$v_i(t) = v_i(t - 1) + \rho_1 C_1 \times (p_i - x_i(t - 1)) + \rho C_2 \times (g_i - x_i(t - 1))$$

donde  $\rho_1$  y  $\rho_2$  son variables aleatorias en el rango  $[0,1]$ . La constante  $C_1$  es el factor cognitivo que representa la atracción de la partícula hacia su propio éxito. La constante  $C_2$  es el factor social que representa la atracción de la partícula hacia el éxito de su vecindario.

- b. Actualización de la velocidad con inercia: Un peso  $w$  es agregado a la velocidad de la iteración anterior:

$$v_i(t) = \omega \times v_i(t - 1) + \rho_1 C_1 \times (p_i - x_i(t - 1)) + \rho C_2 \times (g_i - x_i(t - 1))$$

Para valores grandes de  $w$  hay más exploración. Valores pequeños representan mayor explotación.

---

---

# PSO: Composición

1. En cada iteración, cada partícula realizará las siguientes acciones:
  - a. Actualización de la posición: Cada partícula actualiza su posición en el espacio de búsqueda a través de :

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

- b. Actualización de lo mejor encontrado por las partículas: Cada partícula realizará las siguientes actualizaciones:

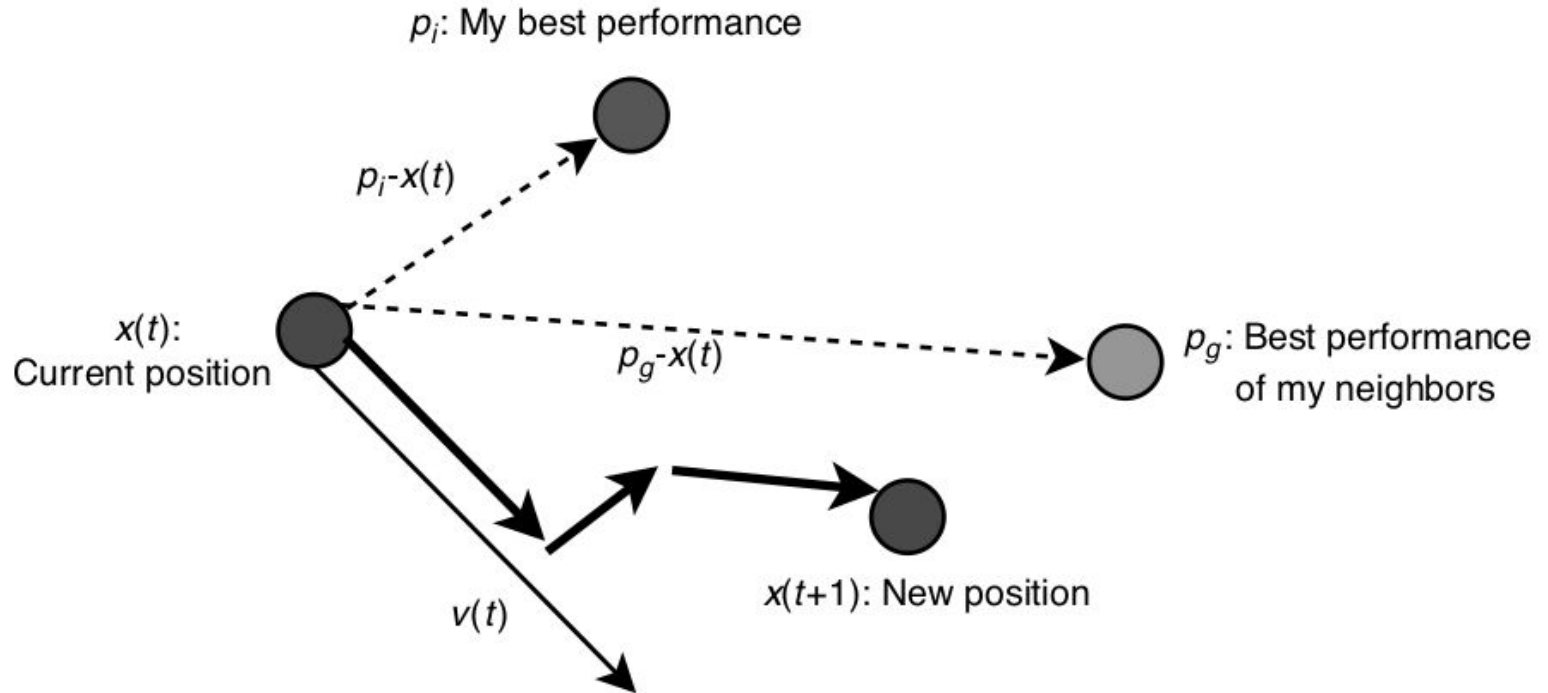
Si  $f(x_i) < pbest_i$ , luego  $p_i = x_i$

Si  $f(x_i) < gbest_i$ , luego  $g_i = x_i$

---

---

# PSO: Representación gráfica



---

# PSO: Pseudocódigo

Random initialization of the whole swarm ;

**Repeat**

Evaluate  $f(x_i)$  ;

**For all** particles  $i$

Update velocities:

$$v_i(t) = v_i(t - 1) + \rho_1 \times (p_i - x_i(t - 1)) + \rho_2 \times (p_g - x_i(t - 1)) ;$$

Move to the new position:  $x_i(t) = x_i(t - 1) + v_i(t)$  ;

**If**  $f(x_i) < f(pbest_i)$  **Then**  $pbest_i = x_i$  ;

**If**  $f(x_i) < f(gbest)$  **Then**  $gbest = x_i$  ;

Update( $x_i, v_i$ ) ;

**EndFor**

**Until** Stopping criteria

---