

Particle Swarm Optimization (PSO)

MÓDULO 4

Técnicas computacionales avanzadas para modelar fenómenos sociales

Concentración en Economía Aplicada y Ciencia de Datos

ITESM-SF | CDMX, Feb-Jun 2026



¿Qué es Particle Swarm Optimization?

Origen

Desarrollado por Kennedy y Eberhart en 1995, es uno de los algoritmos de *swarm intelligence* más utilizados por su sencillez y flexibilidad.

Sin operadores genéticos

No utiliza operadores como cruza y mutación, a diferencia de los algoritmos genéticos tradicionales.

Simplicidad

No necesita codificar ni decodificar las variables de decisión, facilitando su implementación.

Swarm Intelligence: Comportamiento Emergente

La inteligencia de enjambre se basa en el comportamiento emergente de muchos individuos para resolver, en colectivo, problemas difíciles.

Este fenómeno natural inspira algoritmos computacionales que imitan la coordinación observada en la naturaleza.



Tres Reglas Fundamentales del Enjambre

Craig Reynolds desarrolló en 1987 un simulador para comprender los atributos del comportamiento emergente en bandadas de aves. A partir de la observación, infirió tres reglas esenciales:

1

Alignment (Alineación)

Los individuos siguen el rumbo promedio de sus vecinos para seguir una dirección similar a la del grupo.

2

Cohesion (Cohesión)

Un individuo debe moverse hacia la posición promedio de sus vecinos para mantener la formación del grupo.

3

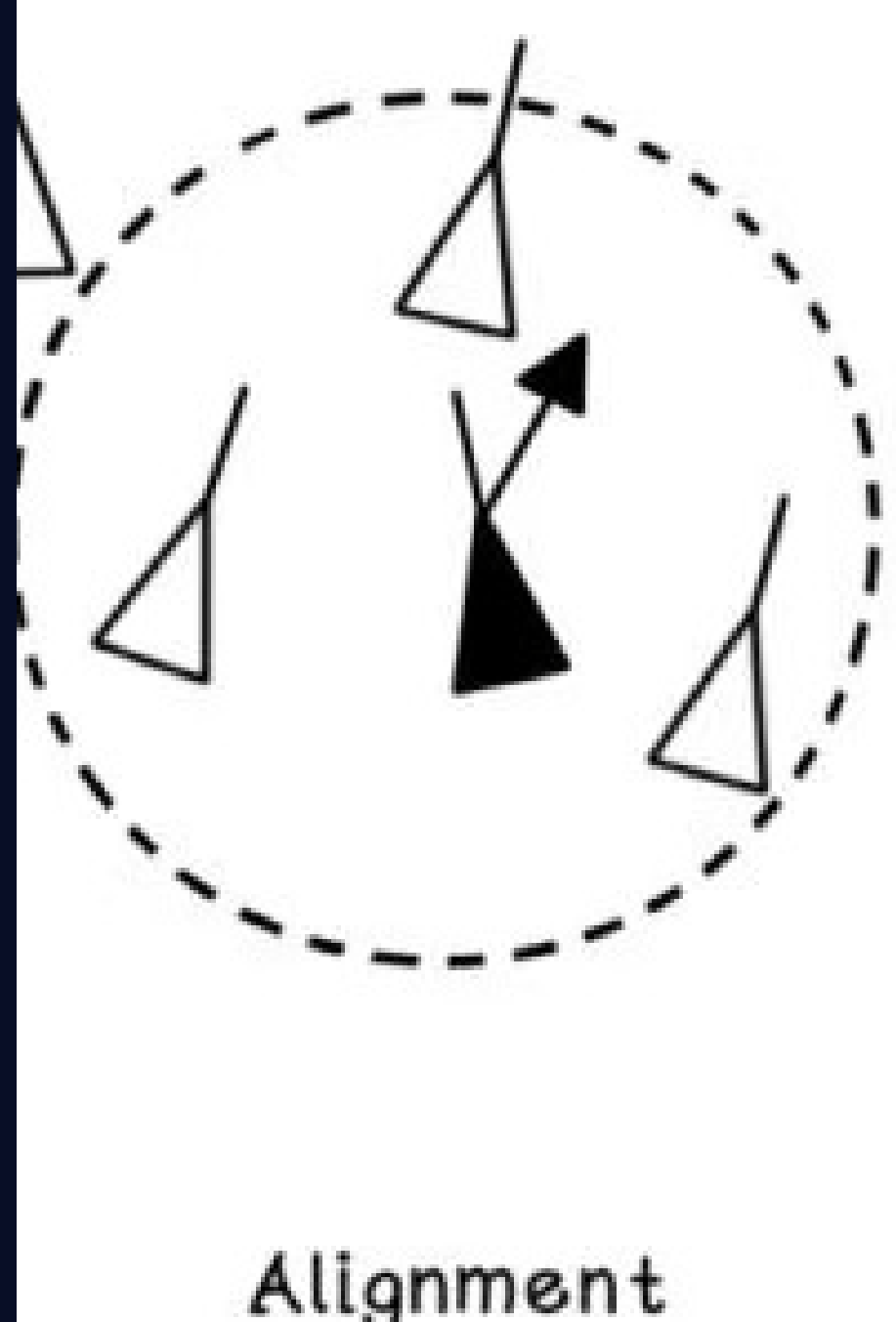
Separation (Separación)

Un individuo debe evitar amontonarse o chocar con sus vecinos para asegurarse de que los individuos no colisionen, interrumpiendo al grupo.

Visualización de las Reglas del Enjambre

Figura 7.2: Representación visual de las reglas que guían el comportamiento colectivo de un enjambre.

Fuente: Hurbans (2020)



PSO: Principios de Acción Colectiva

PSO involucra a un grupo de individuos en diferentes puntos del espacio de búsqueda, cada uno guiado por principios de acción colectiva de la vida natural para encontrar una solución óptima.

Las partículas exploran el espacio de búsqueda ajustando sus trayectorias mediante mecanismos estocásticos y determinísticos, convergiendo hacia la mejor solución global.

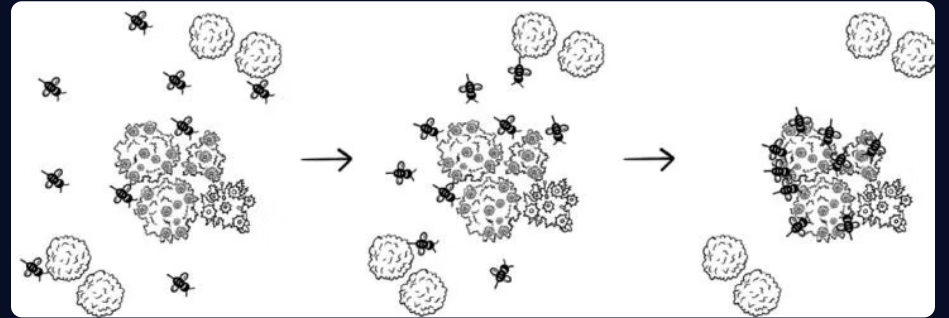


Figura 7.3: Un enjambre de abejas convergiendo hacia su objetivo (Hurbans, 2020)

Mecanismo de Búsqueda en PSO

Exploración del espacio

PSO explora el espacio de búsqueda de una función objetivo al ajustar las trayectorias de agentes individuales llamados *partículas*.

1

Atracción múltiple

Cada partícula es atraída hacia la posición del mejor global g^* y su propia mejor ubicación x_i^* , con tendencia aleatoria.

2

3

4

Movimiento dual

El movimiento de las partículas consiste en dos mecanismos: uno estocástico y otro determinístico.

Actualización continua

Cuando una partícula encuentra una ubicación mejor, PSO actualiza la mejor ubicación individual y global hasta cumplir el criterio de terminación.

Factores que Influyen en la Actualización de Velocidad

Inercia

Movimiento actual
de la partícula

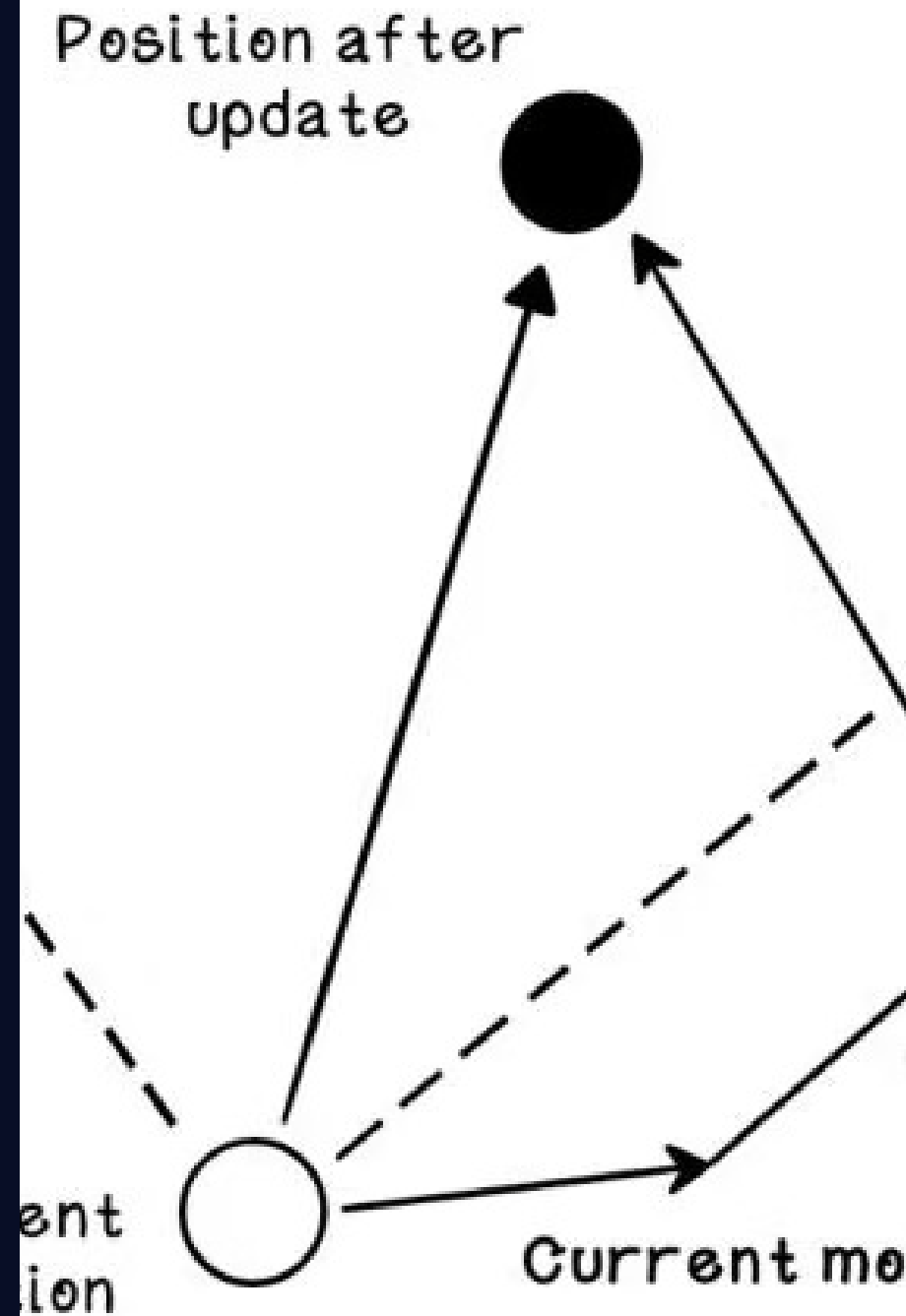
Influencia cognitiva

Mejor posición
individual

Influencia social

Mejor posición del
enjambre

Figura 7.22: La intuición de los factores que influyen en las actualizaciones de velocidad (Hurbans, 2020)



Ecuaciones Fundamentales de PSO

Actualización de Velocidad

Sean x_i y v_i los vectores de posición y velocidad para la partícula i . El vector de velocidad se actualiza con:

$$v_i^{t+1} = v_i^t + \alpha \epsilon_1 [g^* - x_i^t] + \beta \epsilon_2 [x_i^{*(t)} - x_i^t]$$

donde ϵ_1 y ϵ_2 son vectores aleatorios distribuidos uniformemente entre 0 y 1. Los parámetros α y β son constantes de aceleración.

Actualización de Posición

La velocidad inicial puede ser $v_i^{t=0} = 0$. La nueva posición se actualiza con:

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

donde Δt es el incremento de tiempo. Aunque v_i puede tomar cualquier valor, usualmente está acotado por $[0, v_{max}]$.

Referencias Bibliográficas

Hurbans, R. (2020). *Grokking Artificial Intelligence Algorithms.* Manning Publications.

Kennedy, J. and Eberhart, R. (1995). Particle swarm optimization. In *Proceedings of ICNN'95- international conference on neural networks*, volume 4, pages 1942-1948. IEEE.

Yang, X.-S. (2020). *Nature-inspired optimization algorithms*. Academic Press.

