

Optimización por Enjambre de Partículas (PSO)

AAB

Circe

16 de octubre de 2025

¿Qué es el Algoritmo PSO?

- El Algoritmo de Optimización por Enjambre de Partículas (PSO) es una técnica de optimización inspirada en el comportamiento social de animales.
- Se basa en la observación del comportamiento de un **enjambre de aves** o un **banco de peces**.
- Cada individuo (partícula) se mueve en el espacio de búsqueda, influenciado por su propia mejor posición y la mejor posición del enjambre.
- Es un algoritmo de optimización **estocástico** y **bio-inspirado**.

Conceptos Clave del PSO

- **Partícula:** Una solución candidata en el espacio de búsqueda.
- **Posición (X_i):** La ubicación de una partícula en el espacio de búsqueda. **Velocidad (V_i):** La dirección y magnitud del movimiento de una partícula.
- **Mejor Posición Personal (pbest):** La mejor posición que una partícula ha encontrado hasta el momento.
- **Mejor Posición Global (gbest):** La mejor posición que cualquier partícula del enjambre ha encontrado hasta el momento.

El Ciclo de Vida del PSO

- **1. Inicialización:** Se crea un enjambre de partículas aleatorias con posiciones y velocidades iniciales.
- **2. Evaluación:** Se calcula la función de aptitud de cada partícula en su posición actual.
- **3. Actualización de pbest y gbest:** Se actualiza la mejor posición personal y global.
- **4. Actualización de Velocidad y Posición:** Se calculan las nuevas velocidades y posiciones de cada partícula.

Este proceso se repite iterativamente hasta un criterio de terminación.

Diagrama de Flujo del Algoritmo PSO

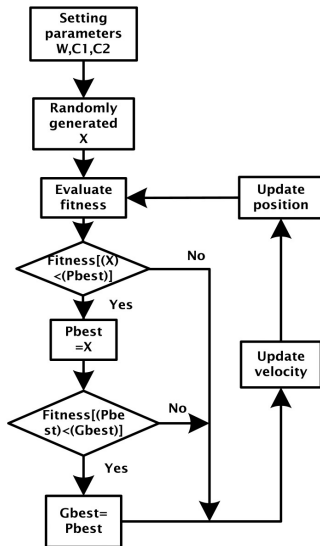


Figura: Flujo de un Algoritmo de Optimización por Enjambre de Partículas (PSO)

1. Ecuación de la Velocidad

- La nueva velocidad de una partícula se calcula en base a tres componentes:
 - 1 **Componente inercial:** Mantiene la dirección de la partícula.
 - 2 **Componente cognitiva:** Mueve la partícula hacia su propia mejor posición ($pbest$).
 - 3 **Componente social:** Mueve la partícula hacia la mejor posición del enjambre ($gbest$).

Fórmula de la Velocidad

$$V_i^{t+1} = wV_i^t + c_1r_1(pbest_i - X_i^t) + c_2r_2(gbest - X_i^t)$$

Donde:

- w : factor de inercia
- c_1, c_2 : constantes de aceleración (cognitiva y social)
- r_1, r_2 : números aleatorios en $[0, 1]$

2. Ecuación de la Posición

- La nueva posición de cada partícula es simplemente su posición actual más su nueva velocidad.

Fórmula de la Posición

$$X_i^{t+1} = X_i^t + V_i^{t+1}$$

Parámetros Clave del PSO

- **Factor de inercia (w):** Controla el impacto de la velocidad anterior. Un w alto favorece la exploración, un w bajo favorece la explotación.
- **Constantes de aceleración (c_1, c_2):**
 - c_1 : Importancia del conocimiento personal.
 - c_2 : Importancia del conocimiento del enjambre.
- **Tamaño del enjambre:** Número de partículas. Un tamaño mayor aumenta la diversidad de la búsqueda.
- **Número máximo de iteraciones:** Criterio de terminación.

Ventajas del PSO

- **Simplicidad:** Es fácil de entender e implementar.
- **Pocos parámetros:** Requiere la sintonización de menos parámetros que otros algoritmos metaheurísticos.
- **Eficiencia:** Rápida convergencia a soluciones de buena calidad.
- No necesita una función de aptitud diferenciable.
- Es menos propenso a quedarse atascado en mínimos locales.

Desventajas del PSO

- **Convergencia prematura:** El enjambre puede estancarse si el *gbest* domina demasiado la búsqueda.
- **Calidad de la solución:** No garantiza encontrar la solución óptima, solo una solución de buena calidad.
- **Oscilación:** Las partículas pueden oscilar alrededor de la mejor posición en lugar de converger a ella.

PSO vs. Algoritmos Genéticos (AG)

PSO

- Inspirado en el comportamiento social.
- No tiene operadores de cruce ni mutación.
- Los individuos se mueven en un espacio continuo.
- La información se transmite del gbest a todo el enjambre.

AG

- Inspirado en la evolución biológica.
- Utiliza cruce y mutación.
- Los individuos son representaciones codificadas (ej. binarias).
- La información se transmite entre individuos cercanos (cruce).

Variantes del PSO

- **PSO Básico:** La versión estándar.
- **PSO Canónico:** Con un factor de contracción para mejorar la convergencia.
- **PSO de inercia decreciente:** El valor de w disminuye con el tiempo para pasar de la exploración a la explotación.
- **PSO Híbridos:** Combinados con otros algoritmos para mejorar el rendimiento.

- **Robótica:** Control de robots y optimización de trayectoria.
- **Ingeniería Eléctrica:** Diseño de antenas, redes eléctricas.
- **Redes Neuronales:** Entrenamiento de pesos y sesgos.
- **Logística:** Optimización de rutas de vehículos y problemas de empaquetado.

Consideraciones Prácticas

- El valor de los parámetros como w , c_1 y c_2 es crucial para el rendimiento.
- Una buena práctica es inicializar el enjambre de forma aleatoria para explorar el espacio de búsqueda.
- Se debe definir un claro criterio de terminación para evitar un tiempo de ejecución excesivo.

Conclusión

- El PSO es una herramienta de optimización simple, eficiente y poderosa, inspirada en la inteligencia colectiva.
- Su funcionamiento se basa en la colaboración y la experiencia individual y grupal.
- Es una alternativa eficaz a los algoritmos genéticos y otros métodos metaheurísticos para resolver problemas de optimización continuos.