

Algoritmos Genéticos: Una Introducción Detallada

AAB

Circe

16 de octubre de 2025

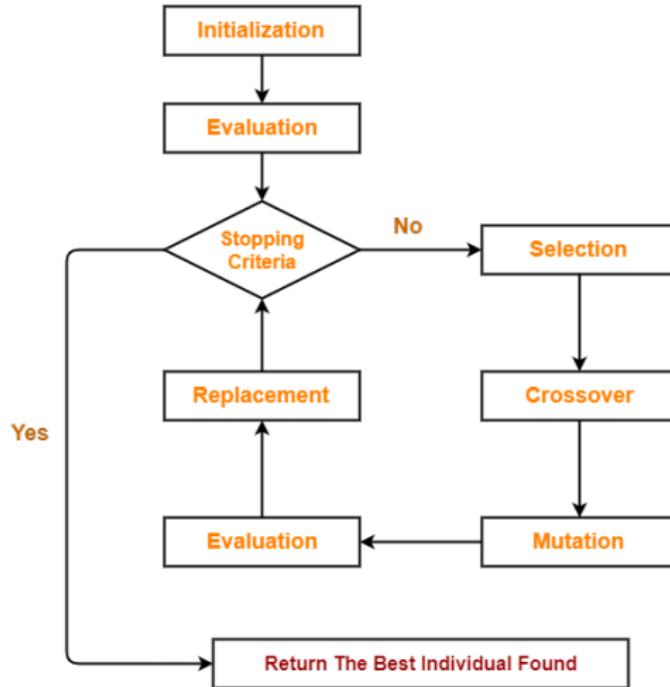
¿Qué es un Algoritmo Genético?

- Son una técnica de búsqueda y optimización inspirada en el proceso de **evolución biológica** y **selección natural**.
- Se utilizan para resolver problemas complejos donde las soluciones tradicionales no son eficientes o son difíciles de encontrar.
- A diferencia de los métodos de optimización clásicos, los AG trabajan con una **población de soluciones** en lugar de un único punto.

Conceptos Clave

- **Individuo:** Una solución candidata al problema.
- **Cromosoma:** La representación codificada de un individuo. A menudo es una cadena de bits (binaria) o de números.
- **Gen:** Una unidad básica del cromosoma, un valor o característica específica.
- **Población:** El conjunto de todos los individuos en una generación.
- **Generación:** Una iteración completa del algoritmo.

Diagrama de Bloques de un Algoritmo Genético



How Genetic Algorithm Works

Figura: Fluo de un Algoritmo Genético

1. Inicialización de la Población

- Se crea una población inicial de individuos de forma **aleatoria**.
- Cada individuo es un cromosoma que representa una posible solución.
- Ejemplo de codificación binaria:

Ejemplo

Representación del número 13 en binario de 4 bits: 1101

2. Función de Aptitud (Fitness)

- Esta función evalúa la "calidad" o "aptitud" de cada individuo.
- A mayor valor de la función de aptitud, mejor es la solución.
- Es la métrica que guía la evolución del algoritmo.

Fórmula de Aptitud

Para un problema de maximización, la aptitud de un individuo x puede ser su valor en una función objetivo $f(x)$.

$$\text{Aptitud}(x) = f(x)$$

3. Selección de Progenitores

- Se seleccionan individuos de la población actual para ser los "padres" de la siguiente generación.
- Los individuos con mayor aptitud tienen más probabilidades de ser seleccionados.
- Métodos comunes:
 - **Selección por Ruleta:** La probabilidad de selección es proporcional a la aptitud.

$$P(x_i) = \frac{\text{Aptitud}(x_i)}{\sum_{j=1}^N \text{Aptitud}(x_j)}$$

- **Selección por Torneo:** Se eligen aleatoriamente k individuos y el mejor de ellos es seleccionado.

4. Cruce (Crossover)

- Se combinan los cromosomas de dos progenitores para crear nuevos "descendientes".
- La descendencia hereda características de ambos padres.
- Es la principal forma de generar nuevas soluciones.

Ejemplo de Cruce de un Punto

Padre 1: 101101 Padre 2: 010010

Punto de cruce: 3 Descendiente 1: 101010 Descendiente 2: 010101

5. Mutación

- Se modifica aleatoriamente uno o más genes en un cromosoma de la descendencia.
- Mantiene la **diversidad genética** en la población.
- Evita que el algoritmo se estanque en un *mínimo local*.

Ejemplo de Mutación

Cromosoma original: 101101

Mutación del bit 4: Cromosoma mutado: 101001

Ejemplo del Flujo de un AG

- ① **Población inicial** aleatoria.
- ② **Evaluación** de aptitud de cada individuo.
- ③ **Selección** de los mejores individuos.
- ④ **Cruce** para crear una nueva generación.
- ⑤ **Mutación** para introducir diversidad.
- ⑥ **Reemplazo** de la población anterior por la nueva.

Este ciclo se repite hasta que se alcanza un criterio de terminación.

Criterios de Terminación

El algoritmo se detiene cuando:

- Se alcanza un **número máximo de generaciones**.
- Se encuentra una solución con una **aptitud satisfactoria**.
- La población ha **converge** a una solución y la mejora se estanca.
- El tiempo de ejecución ha superado un límite predefinido.

Ventajas y Desventajas

Ventajas

- Resuelve problemas complejos para los cuales no hay un método analítico directo.
- Es robusto y se puede aplicar a una amplia gama de problemas.
- No se atasca fácilmente en mínimos locales.

Desventajas

- No garantizan una solución óptima, solo una solución "suficientemente buena".
- El rendimiento depende de la selección de parámetros (tasas de mutación y cruce).
- Requiere una buena función de aptitud.

Aplicaciones de los AG

- **Optimización:** diseño de alas de avión, rutas de entrega.
- **Aprendizaje Automático:** ajuste de hiperparámetros.
- **Ingeniería:** diseño de antenas, optimización de circuitos.
- **Finanzas:** modelado de mercados.
- **Bioinformática:** predicción de estructura de proteínas.

Consideraciones Matemáticas

- **Espacio de Búsqueda:** A menudo es discreto, pero los AG pueden adaptarse a espacios continuos.
- **Aptitud Normalizada:** Para la selección por ruleta, a menudo se normaliza la aptitud de los individuos.

$$\text{Aptitud Normalizada}(x_i) = \frac{\text{Aptitud}(x_i) - \text{Aptitud}_{\min}}{\text{Aptitud}_{\max} - \text{Aptitud}_{\min}}$$

Conclusión

- Los Algoritmos Genéticos son una herramienta poderosa y versátil para la optimización.
- Imitan la naturaleza para resolver problemas computacionales complejos.
- Su éxito radica en la combinación de la aleatoriedad (mutación) y la selección de las mejores soluciones (cruce y selección).