

N Reinas

Luis Fernando Franco Flores

Introducción

El problema de las N-reinas es un desafío clásico de la inteligencia artificial y la computación, que consiste en colocar N reinas en un tablero de ajedrez de $N \times N$ de manera que ninguna reina ataque a otra. Esto significa que no puede haber dos reinas en la misma fila, columna o diagonal. Este problema es un caso típico de optimización y búsqueda de soluciones.

Una de las técnicas utilizadas para resolver este tipo de problemas de optimización es el **recocido simulado**, que es un algoritmo inspirado en el proceso físico de enfriamiento de un metal fundido. Este enfoque permite explorar un espacio de soluciones de manera eficiente y puede ser utilizado para encontrar una solución óptima o cercana a la óptima en problemas complejos.

En este documento, exploraremos cómo el algoritmo de recocido simulado se aplica para resolver el problema de las N-reinas. El código proporcionado implementa este algoritmo de manera detallada, y a través de él, explicaremos los pasos y funcionamiento del recocido simulado.

¿Qué es el Recocido Simulado?

El **recocido simulado** (Simulated Annealing, SA) es un algoritmo de optimización probabilística que busca encontrar una solución óptima o cercana a la óptima para un problema dado. Se inspira en el proceso físico de **recocido**, donde un metal se calienta a altas temperaturas y luego se enfría lentamente para lograr una estructura cristalina de baja energía.

En el contexto de la computación, el recocido simulado utiliza una función de costo (o energía) que se minimiza durante el proceso de búsqueda de la solución. El algoritmo comienza con una solución inicial y, en cada paso, genera soluciones vecinas (ligeramente modificadas) y decide si acepta o no estas soluciones basándose en una probabilidad dependiente de la "temperatura". La temperatura inicial es alta, permitiendo al algoritmo escapar de óptimos locales, y gradualmente se va reduciendo para enfocar la búsqueda en una solución óptima.

Pasos del Algoritmo

El algoritmo de recocido simulado para el problema de las N-reinas sigue los siguientes pasos:

1. **Inicialización:** Se comienza con una solución inicial (en este caso, un tablero con una configuración de reinas).
2. **Cálculo de Conflictos:** Se calcula el número de ataques o conflictos entre reinas en la configuración actual.
3. **Generación de Vecinos:** Se genera una nueva configuración (vecina) intercambiando dos reinas al azar en el tablero.
4. **Evaluación:** Se calcula la diferencia en el número de conflictos entre la solución actual y la vecina.
5. **Aceptación de la Vecina:** Si la vecina es mejor (menos conflictos), se acepta; de lo contrario, se puede aceptar con una probabilidad dependiente de la temperatura.
6. **Enfriamiento:** La temperatura se reduce gradualmente para enfocar la búsqueda en una mejor solución.
7. **Finalización:** El algoritmo termina cuando se alcanza una solución con cero conflictos o cuando se agotan las iteraciones.

Funcionamiento Detallado del Algoritmo

El código implementa el algoritmo de recocido simulado de la siguiente manera:

1. **Entrada de Datos:** El usuario ingresa el tamaño del tablero (N) y la configuración inicial de las reinas.
2. **Cálculo de Conflictos:** Se determina cuántos pares de reinas se atacan entre sí, evaluando las diagonales. La función `calcular_conflictos` cuenta el número de conflictos en el tablero.
3. **Generación de Vecinos:** Se elige aleatoriamente dos reinas y se intercambian sus posiciones. La función `generar_vecino` realiza esta operación.
4. **Evaluación y Aceptación de Soluciones:** Si la nueva configuración de reinas mejora el número de conflictos, se acepta directamente. Si no mejora, la probabilidad de aceptación depende de la diferencia de conflictos y la temperatura actual. La probabilidad sigue la función de **Boltzmann**: $P = \exp\left(-\frac{\Delta C}{T}\right)$ donde ΔC es la diferencia en el número de conflictos y T es la temperatura.

5. **Enfriamiento:** Después de cada iteración, la temperatura se reduce multiplicándola por un factor de enfriamiento, lo que disminuye gradualmente la probabilidad de aceptar soluciones peores.
6. **Iteraciones:** El proceso continúa durante un número fijo de iteraciones o hasta que se alcance una solución sin conflictos (0 ataques entre reinas).

Ventajas del Recocido Simulado

El recocido simulado tiene varias ventajas que lo hacen adecuado para problemas de optimización como el de las N-reinas:

1. **Escape de Óptimos Locales:** Debido a la posibilidad de aceptar soluciones peores al principio (cuando la temperatura es alta), el recocido simulado puede escapar de óptimos locales y explorar mejor el espacio de soluciones.
2. **Flexibilidad:** Puede aplicarse a una amplia gama de problemas de optimización, no solo a los de tipo combinatorio como el de las N-reinas.
3. **Eficiencia Computacional:** En comparación con otros algoritmos de búsqueda exhaustiva (como el backtracking), el recocido simulado es más eficiente en términos de tiempo de ejecución, especialmente para problemas grandes.

Conclusión

El algoritmo de recocido simulado es una técnica poderosa y eficiente para resolver problemas de optimización como el problema de las N-reinas. Aunque no garantiza encontrar la solución óptima en todos los casos, es capaz de encontrar soluciones satisfactorias en un tiempo razonable. La implementación del recocido simulado en el código presentado muestra cómo esta técnica puede aplicarse de manera efectiva para resolver un problema clásico de inteligencia artificial.