

Simulated Annealing

Pedro O. Pérez M., PhD.

Análisis y diseño de algoritmos avanzados
Tecnológico de Monterrey

pperezm@tec.mx

12-2021

Contenido

Recocido Simulado (Simulated Annealing) Aplicaciones

Recocido Simulado

- ▶ Desde hace varios siglos, los forjadores de espadas se dieron cuenta que, si el metal de la espada se calentaba mucho y luego se dejaba enfriar muy lentamente, la espada resultaba ser muy resistente. A este proceso se le conoce como recocido. Fue hasta finales del siglo XIX que, con el nacimiento de la Mecánica Estadística, el científico Ludwig Boltzmann, logró explicar el funcionamiento del metal en este proceso. La idea fundamental es que los cristales que forman el metal, al pasar por el proceso de recocido, se logran acomodar en forma óptima y esto le da la máxima dureza a la espada. Se trata de un proceso físico que logra encontrar el máximo (máxima dureza) en un material, en otras palabras, es un proceso de optimización.

- El concepto utiliza la Distribución de Probabilidad de Boltzmann, que proporciona la probabilidad P de que un sistema esté en un cierto estado i en función de la energía del estado E_i , la temperatura T y la constante Boltzmann k :

$$P(i) = \frac{1}{S} e^{-\frac{E_i}{kT}}$$

donde S es una constante de normalización para que dé una probabilidad entre 0 y 1.

- ▶ Considerando que el proceso de recocido da como resultado un arreglo óptimo de los cristales de un material, los científicos de la computación lo toman y lo usan para crear un algoritmo que logra replicar este proceso en la computadora para encontrar el valor óptimo (máximo o mínimo) de una función.
- ▶ Como el recocido no se hace físicamente, sino que solamente se simula en la computadora, a este nuevo algoritmo se le llamó Recocido Simulado (Simulated Annealing, en inglés).

- ▶ Recocido simulado es un algoritmo de búsqueda local similar al algoritmo de Ascensión de Colinas, con una variación que se puede explicar en tres puntos:
 - ▶ Se genera un vecino en forma aleatoria.
 - ▶ Si el vecino es mejor que el actual, se hace $\text{actual} = \text{vecino}$.
 - ▶ Si el vecino es peor, se toma con una probabilidad que disminuye exponencialmente con qué tanto empeora la solución del actual $\Delta E = h(\text{vecino}) - h(\text{actual})$, y también disminuye conforme la temperatura T disminuye.

- ▶ Si la temperatura se disminuyera muy, pero muy lentamente, en pasos iguales a diferenciales, el algoritmo garantizaría encontrar el valor óptimo de la función, pero tardaría un tiempo infinito.
- ▶ Si no se dan pasos tan pequeños en la disminución de la temperatura, se puede obtener una solución cercana a la óptima en un tiempo razonable.

Procedure 1 SIMULATED_ANNEALING

Input: v : Vertex, g : Graph, $t(i)$: Function

$current \leftarrow v$

for $i \leftarrow 0$ **to** ∞ **do**

 Calculate the current temperature with $T \leftarrow t(i)$

if $T = 0$ **then**

return $current$

end if

 Select a neighbor randomly

$\Delta E = h(neighbor) - h(current)$

if $\Delta E > 0$ **then**

$current \leftarrow neighbor$

else

$current \leftarrow$ select neighbor with probability $e^{\frac{\Delta E}{T}}$

end if

end for

Aplicaciones

- ▶ Las aplicaciones en las que se puede utilizar Recocido Simulado son muy amplias y variadas. Las condiciones en las que se puede aplicar son las mismas que las de todos los algoritmos de búsqueda local.