Resolución Cubo de Rubik usando Simulated Annealing

Sebastián Cobaise [1] Arturo Lazcano [2]

[1] Departmento de Ingeniería Matemática, Universidad de Chile, scobaise@hotmail.com
[2] Departmento de Ingeniería Matemática, Universidad de Chile, arturo.laz.gon@gmail.com

Profesor: Joaquin Fontbona; Auxiliares: Pablo Araya y Bruno Hernández
20-12-2021

Resumen

El objetivo del proyecto es usar Simulated Annealing, un algoritmo estocástico con origen en la metalurgia, para resolver el cubo de Rubik de 3x3 y de 2x2 en el menor tiempo posible. Para esto, se hace uso del paper "Solving the Rubik's Cube using Simulated Annealing and Genetic Algorithm"junto con la bibliografía y cátedras del curso MA4402 - Simulación estocástica.
El código de este proyecto es escrito en Python y hace uso de librerías básicas como numpy y matplotlib.

1 Modelamiento

El objetivo de este trabajo es usar el algoritmo de optimización *Simulated Annealing* para resolver un cubo de Rubik en el menor tiempo posible. Para ello, se plantea el cubo como una matriz M, donde $M(i,j)$ representa el color de una pieza pequeña en alguna cara del cubo, también es necesario definir una función objetivo a minimizar, el grafo subyacente y afinar parámetros para optimizar la velocidad de resolución.

2 Simulated Annealing

La función objetivo del algoritmo para el puzzle 3x3 será
$f(Cubo) = \sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{18} U(i,j)$, donde $U(i,j)$ vale 0 si el color de $M(i,j)$ es el correcto y 1 en caso contrario.

Análogamente, para el cubo 2x2, $f(Cubo) = \sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{12} U(i,j)$.

Cada vértice del grafo subyacente será una matriz que represente un estado del cubo y sus vecinos serán los 18 estados posibles tras aplicar una rotación en algún eje del cubo.

Simulated Annealing iterativamente toma una probabilidad P para cambiar el estado actual del cubo de x a y, con $P = min(e^{\frac{f(x)-f(y)}{T}}, 1)$, donde T es la temperatura del sistema, usualmente escrita como $1/\beta$, para afinar el algoritmo se debe elegir una función de crecimiento adecuada para β.

Por último, se hablará de la optimización de este problema, los problemas encontrados y los resultados, tanto en tiempo como en cantidad de movimientos realizados.

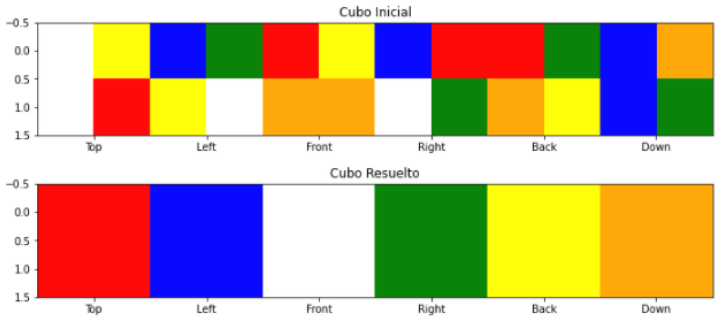

Figura 1: Ejemplo de cubo 2x2 resuelto por el algoritmo