



1920 | 2020

II - QUBO

Programação não-linear • Otimização Inteira

Pedro Maciel Xavier

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
PESC/COPPE/UFRJ**



Foto : Minerva

Sumário

1 *Ising Model*

2 *Quadratic Unconstrained Binary Optimization*

- Definição e características
- Resolvendo

3 Satyrus

4 Próximos Tópicos

5 Referências



Ising Model

Definição (*Quadratic Unconstrained Binary Optimization*)

Um problema de otimização é assim denominado se pode ser escrito na forma

$$\mathbb{H} = \sum_i \mathbf{h}_i |s_i\rangle + \sum_{i < j} \mathbf{J}_{i,j} |s_i\rangle |s_j\rangle$$

onde $f(\mathbf{x}) = \mathbf{x}^T \mathbf{Q} \mathbf{x}$ para $\mathbf{Q} \in \mathbb{R}^{n \times n}$. Mais especificamente, \mathbf{Q} é uma matriz simétrica ou triangular superior.

QUBO

Definição (*Quadratic Unconstrained Binary Optimization*)

Um problema de otimização é assim denominado se pode ser escrito na forma

$$\begin{aligned} &\text{minimizar } f(\mathbf{x}) \\ &\text{sujeito a } \mathbf{x} \in \{0, 1\}^n \end{aligned}$$

onde $f(\mathbf{x}) = \mathbf{x}^T \mathbf{Q} \mathbf{x}$ para $\mathbf{Q} \in \mathbb{R}^{n \times n}$. Mais especificamente, \mathbf{Q} é uma matriz simétrica ou triangular superior.

Annealing

O *Annealing* (ou Têmpera) é um dos processos mais populares para solucionar o *QUBO*. Dentre os principais métodos desta classe estão:

- *Quantum Annealing*

Annealing

O *Annealing* (ou Têmpera) é um dos processos mais populares para solucionar o *QUBO*. Dentre os principais métodos desta classe estão:

- *Quantum Annealing*
- *Digital Annealing*

Annealing

O *Annealing* (ou Têmpera) é um dos processos mais populares para solucionar o *QUBO*. Dentre os principais métodos desta classe estão:

- *Quantum Annealing*
- *Digital Annealing*
- *Simulated Annealing*

Satyrus

No contexto do Satyrus, temos uma equação de energia a minimizar dada por

$$\begin{aligned}\mathbb{E} &= \mathbb{E}_{\text{opt}} + \mathbb{E}_{\text{int}} \\ &= \sum_i \mathcal{H}(\varphi_i) + \sum_j \lambda_j \mathcal{H}(\neg \varphi_j)\end{aligned}$$

onde λ_j é a penalidade associada à j -ésima restrição de integridade e $\mathcal{H}(\cdot)$ é o mapeamento. Portanto, é possível escrever um problema modelado pelo Satyrus como

$$\begin{aligned}&\text{minimizar } f(\mathbf{x}) + \boldsymbol{\lambda} \cdot g(\mathbf{x}) \\ &\text{sujeito a } \mathbf{x} \in \{0, 1\}^n\end{aligned}$$

Satyrus

Logo, queremos saber se é possível escrever $f(\mathbf{x}) + \lambda \cdot g(\mathbf{x}) = \mathbf{x}^T \mathbf{Q} \mathbf{x}$

Próximos Tópicos

Compreender melhor:

- 1 O princípio da dualidade (e suas demonstrações).
- 2 A relação entre o lagrangeano de um sistema e seu hamiltoniano.
- 3 Modelagem QUBO

Referências



Olga Brezhneva, Alexey A. Tret'yakov, Stephen E. Wright

A short elementary proof of the Lagrange multiplier theorem

Optimization Letters.

Springer-Verlag, 2011.



David G. Luenberger, Yinyu Ye

Linear and Nonlinear Programming

Springer-Verlag, 2008.