

Kwantowe wyznaczanie kombinatorycznych problemów optymalizacyjnych – część I

Tomasz Śmierzchalski, Bartłomiej Gardas

Instytut Informatyki Teoretycznej i Stosowanej Polskiej Akademii Nauk



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego



NAUKA DLA
SPOŁECZEŃSTWA

ask.iitis.pl



Plan wykładu

- ▶ Klasyczny model Isinga
- ▶ Interpretacja fizyczna modelu Isinga
- ▶ Model QUBO
- ▶ Kodowanie dyskretnych problemów optymalizacyjnych za pomocą QUBO/Isinga
- ▶ Algorytm wyczerpującego przeszukiwania (*Brute-Force*) dla modelu QUBO/Isinga
- ▶ Analiza złożoności problemu poszukiwania stanu podstawowego

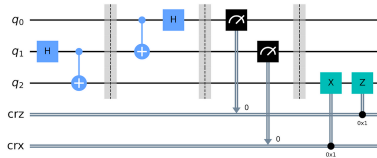


Wprowadzenie



Dwa rodzaje komputerów kwantowych

Cyfrowe (*Digital*) komputery kwantowe



- ▶ Oparte na bramkowym modelu obliczeń kwantowych
- ▶ Najpopularniejszy rodzaj

Analogowe komputery kwantowe

- ▶ Problem obliczeniowy jest zapisywany jako pewien system fizyczny.
- ▶ Obliczeń dokonuje się poprzez manipulowanie systemem fizycznym
- ▶ Przykłady: **Wyrzãżanie Kwantowe**, Atomy Rydberga



Wyrzężanie kwantowe

- ▶ Podobne do algorytmu symulowanego wyżarzania (zamiast temperatury działamy "kwantowością")
- ▶ Zaimplementowane za pomocą modelu Isinga



Klasyczny model Isinga



Fizyczny system za pomocą którego zapisujemy problemy obliczeniowe
Opisuje system "spinów", tj. obiektów, które mogą przyjąć jeden z dwóch stanów: \uparrow (numeryczna wartość 1) lub \downarrow (numeryczna wartość -1).



Oznaczenia:

- ▶ σ_i^z - i -ty spin
- ▶ h_i - wartość obciążenia (*bias*) spinu i

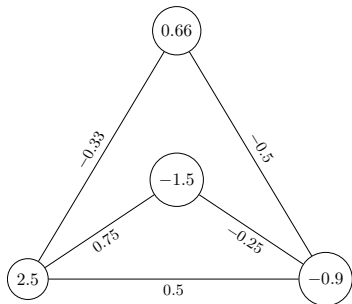
Klasyczny model Isinga

$$E(\sigma) = \sum_{\langle i,j \rangle \in \mathcal{E}} J_{i,j} \sigma_i^z \sigma_j^z + \sum_i^N h_i \sigma_i^z$$

Interesuje nas **stan podstawowy**, czyli stan o najniższej energii (minimalizujemy $E(\sigma)$)



Przykład



Minimize $E(\sigma)$

