

فرادرس

فراتر از یک کلاس درس
www.faradars.org

آموزش محاسبات کوانتومی

درس ششم: کاربردهای عملی محاسبات کوانتومی

مدرس:

فرهاد عبدی

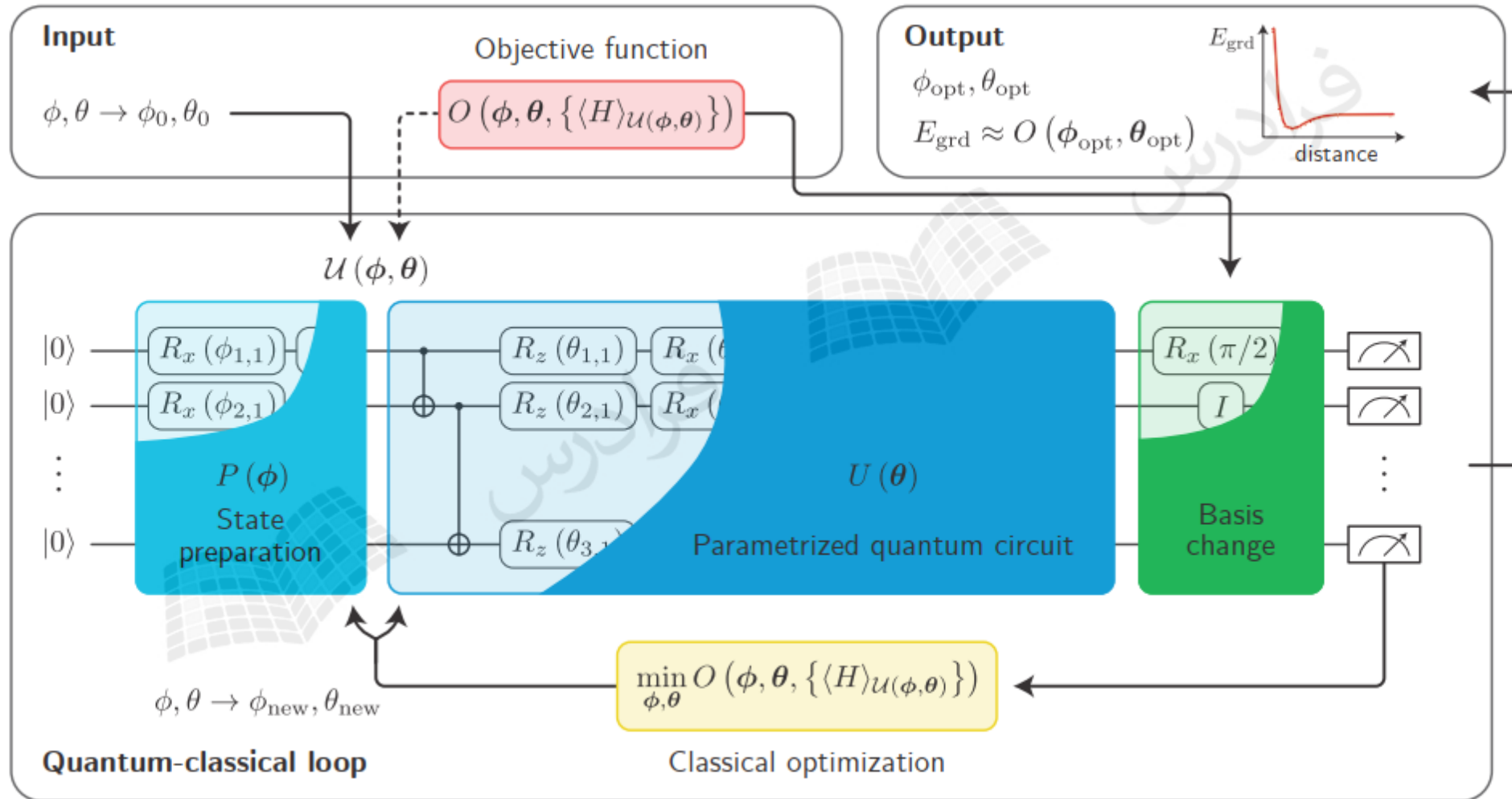
کارشناس شیمی

دانشگاه صنعتی شریف

کاربردهای عملی محاسبات کوانتومی

- آشنایی با VQA – Variational Quantum Algorithms
 - آشنایی با الگوریتم VQE – Variational Quantum Eigensolver
 - آشنایی با الگوریتم QAOA – Quantum Approximate Optimization Algorithms

آشنایی با VQA

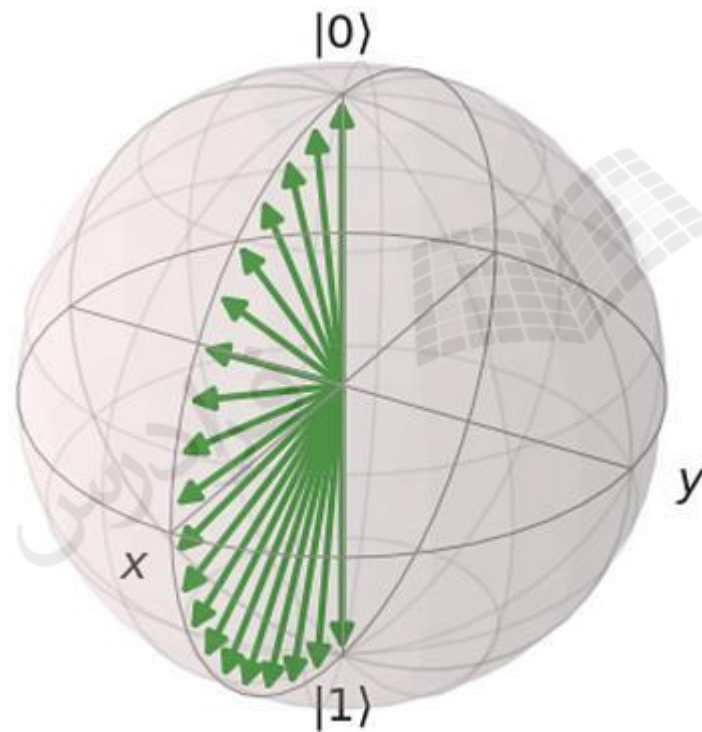


آشنایی با VQA

- ابزارهای لازم
 - متدی برای تفسیر مساله - Encoding
 - متدی برای فراهم کردن حالت‌های پارامتری
 - متدی برای پیدا کردن پارمترهای خوب

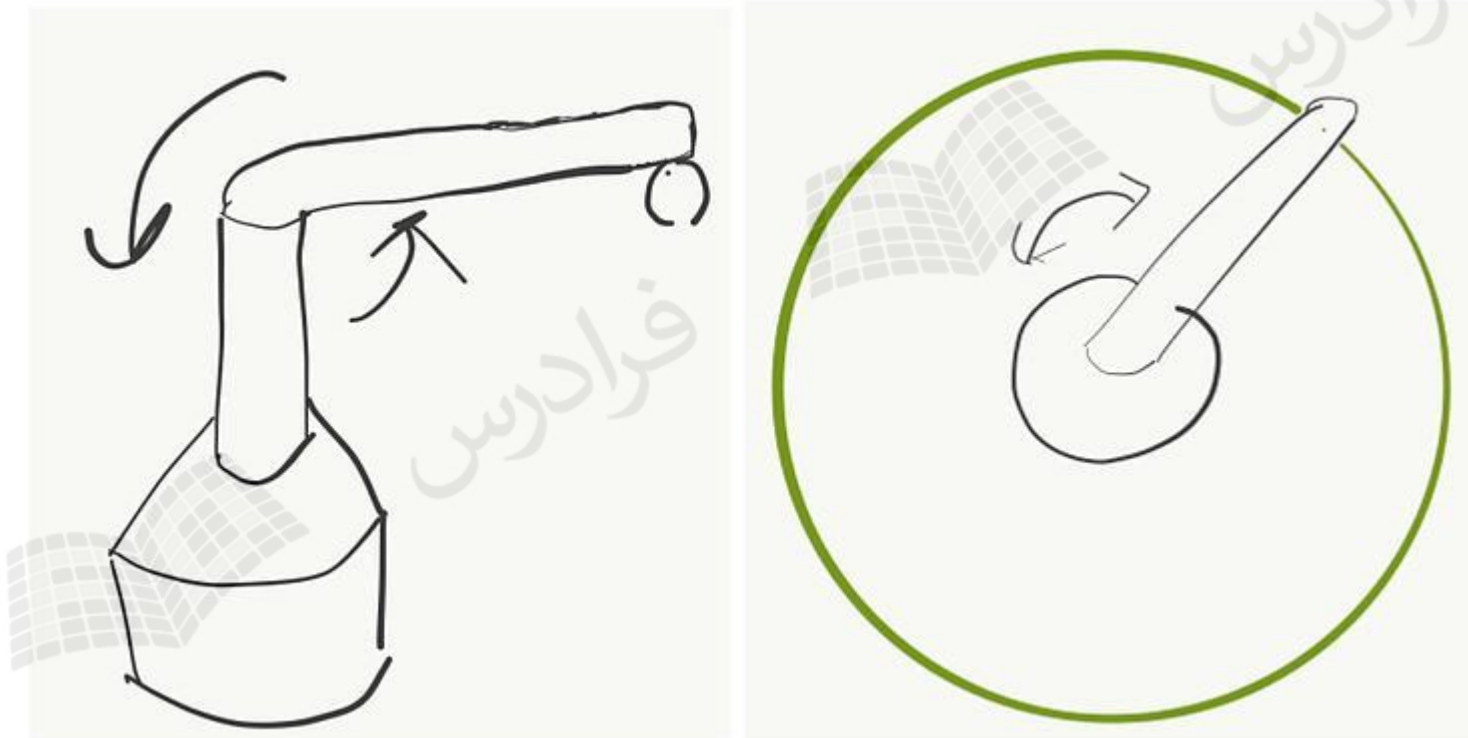
آشنایی با VQA

• Ansatz



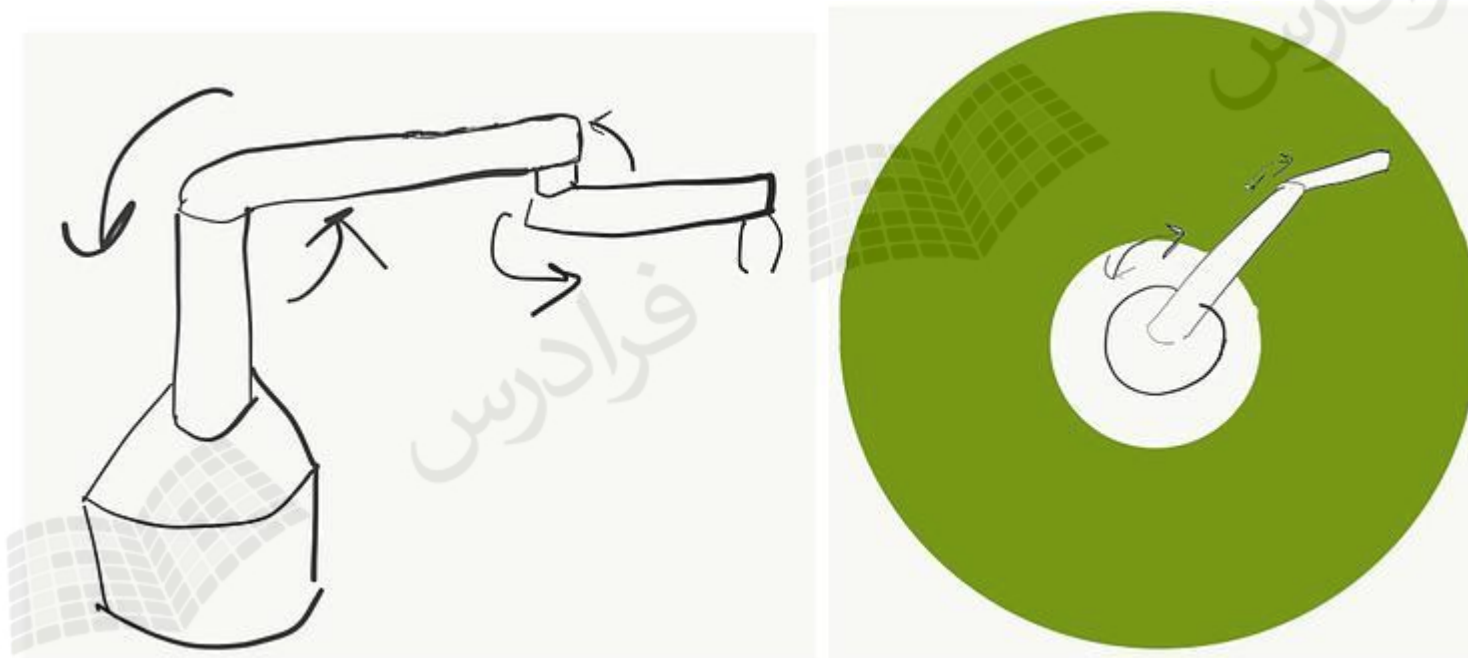
آشنایی با VQA

• Ansatz



آشنایی با VQA

• Ansatz



آشنایی با VQA

• یک Ansatz خوب چه ویژگی‌های دارد؟

▪ قابلیت بیان مناسب

▪ تعداد پارامتر کم

▪ عمق کم

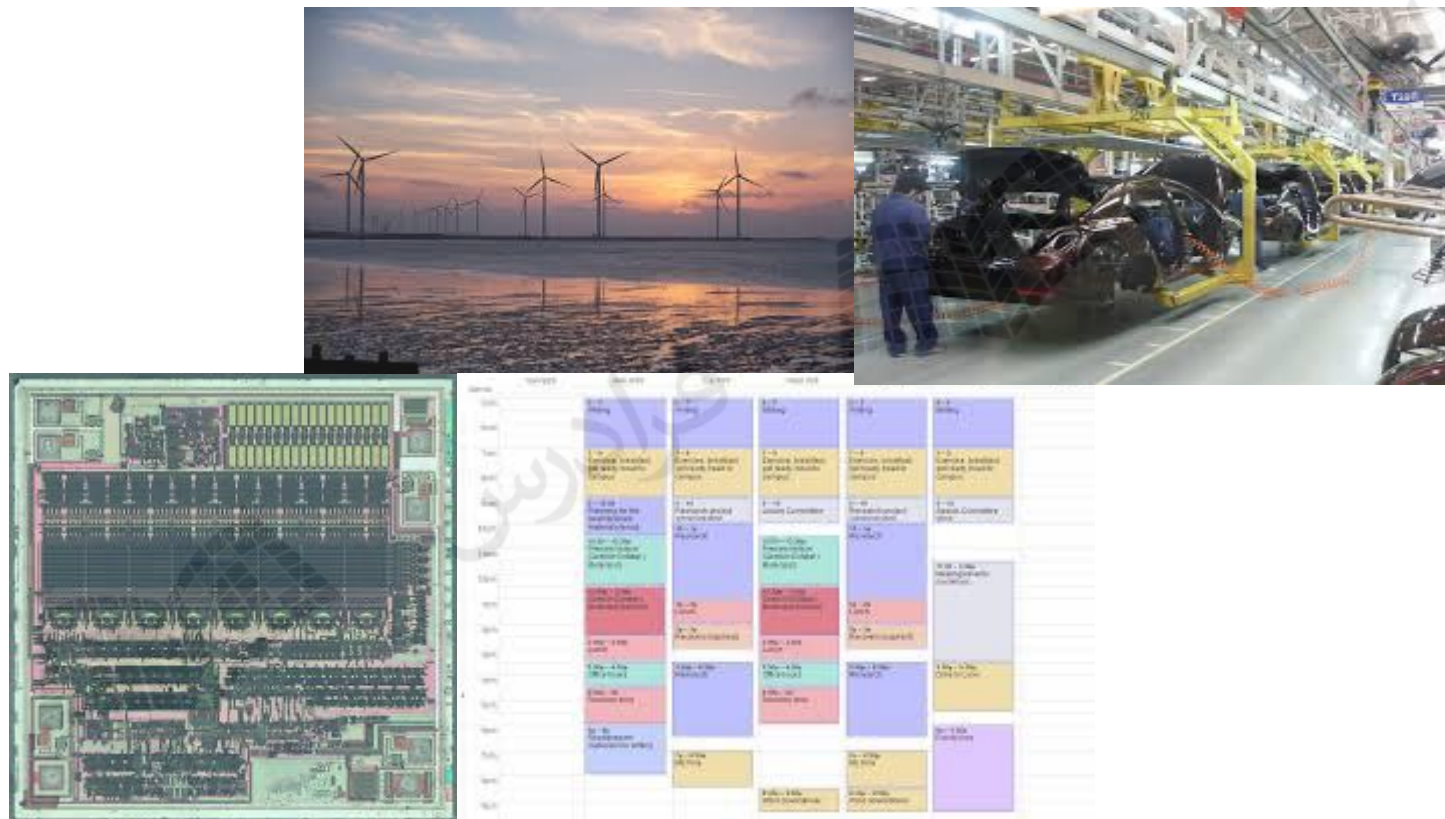
▪ مناسب سخت‌افزار

آشنایی با VQE

• یک مثال، هامیلتونی اتم هیدروژن:

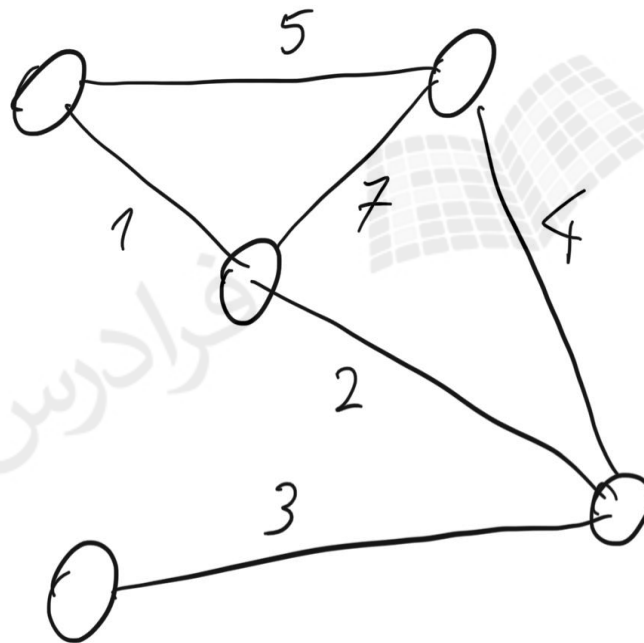
$$H = -0.1673 * I + 0.1625 * Z_0 + 0.1625 * Z_1 + -0.1974 * Z_2 + -0.1974 * Z_3 + 0.1658 * Z_0 Z_1 + 0.1172 * Z_0 Z_2 + 0.1633 * Z_0 Z_3 + 0.1633 * Z_1 Z_2 + 0.1172 * Z_1 Z_3 + 0.1716 * Z_2 Z_3 + -0.0461 * X_0 X_1 Y_2 Y_3 + 0.0461 * X_0 Y_1 Y_2 X_3 + 0.0461 * Y_0 X_1 X_2 Y_3 + -0.0461 * Y_0 Y_1 X_2 X_3$$

آشنایی با QAOA



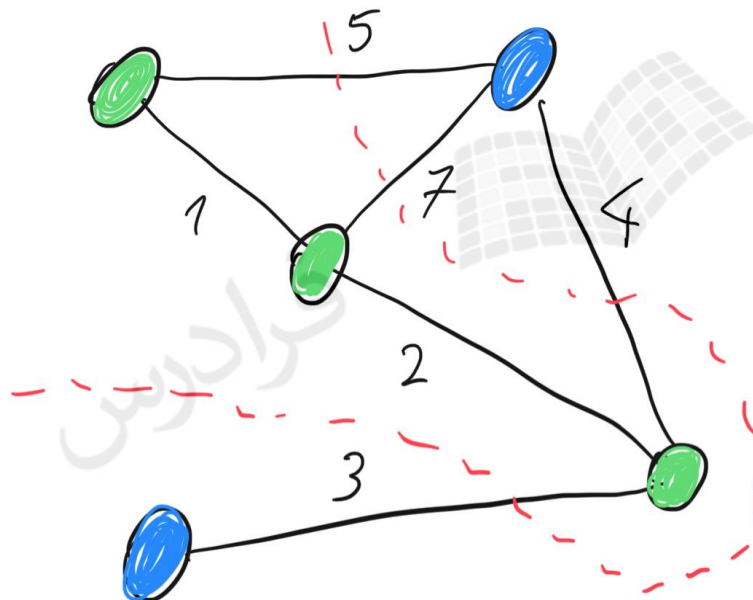
آشنایی با QAOA

• مسئله Max-Cut



آشنایی با QAOA

- مسئله Max-Cut



آشنایی با QAOA

- مفاهیم مرتبط با مسائل QAOA
 - محاسبات کوانتومی آدیاباتیک
 - مدل آیزینگ
 - تحول زمانی
 - تروتیزیشن – Trotterization

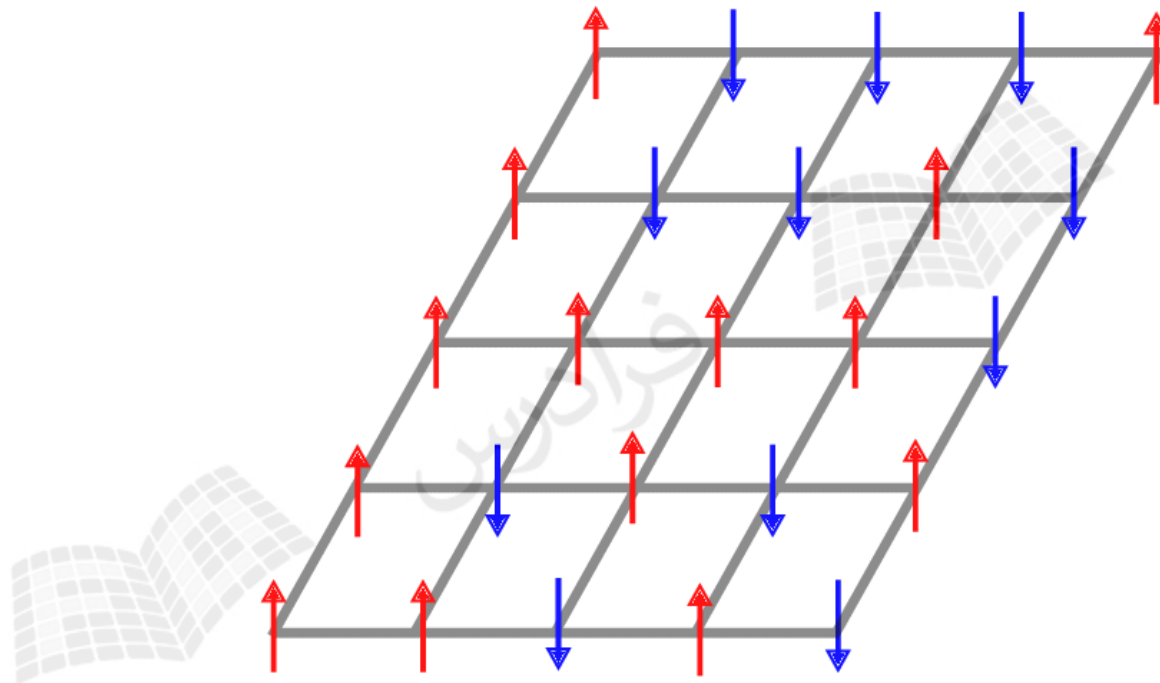
آشنایی با QAOA

- محاسبات کوانتومی آدیاباتیک

$$H(t) = \left(1 - \frac{t}{T}\right) H_0 + \frac{t}{T} H_P,$$

آشنایی با QAOA

- مدل آیزینگ



آشنایی با QAOA

- مساله Max-Cut و مدل آیزینگ

$$C = \sum_{a,b} \frac{1}{2} (c_a c_b - 1) \quad (a, b) \in E$$

$$\hat{H}_C = \sum_{a,b} \frac{1}{2} (Z_a \otimes Z_b - \mathbb{I}) \quad (a, b) \in E$$

آشنایی با QAOA

• Trotterization

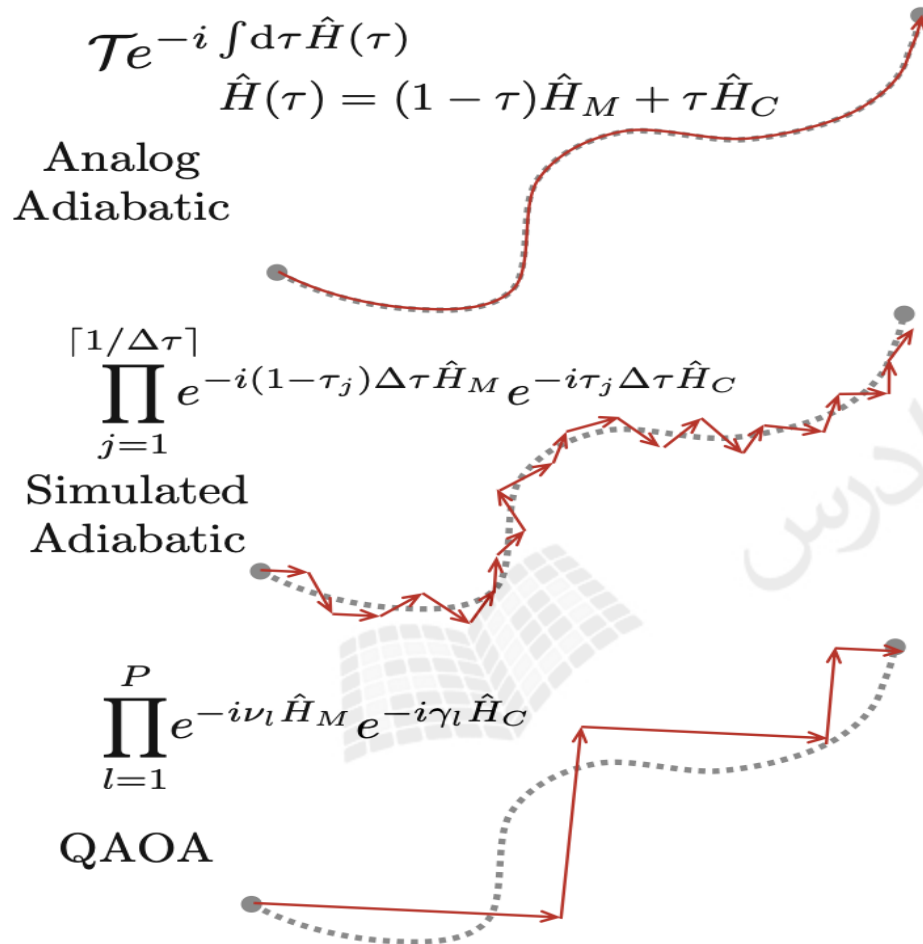
$$e^{A+B} = \lim_{n \rightarrow \infty} (e^{A/n} e^{B/n})^n$$

$$e^{A+B} = \lim_{n \rightarrow \infty} (e^{A/(2n)} e^{B/n} e^{A/(2n)})^n$$

$$U(t, t_0) = U(t, t_{n-1}) \dots U(t_2, t_1) U(t_1, t_0), \quad t_0 < t_1 < t_2 < \dots < t_{n-1} < t,$$

آشنایی با QAOA

• ارتباط QAOA و AQC



آشنایی با QAOA

$$|\gamma, \beta\rangle = U(B, \beta_p) U(C, \gamma_p) \cdots U(B, \beta_1) U(C, \gamma_1) |s\rangle .$$

آشنایی با QAOA

• Cost Hamiltonian

$$U(C, \gamma) = e^{-i\gamma C} = \prod_{\alpha=1}^m e^{-i\gamma C_{\alpha}} .$$

$$C = \sum_{\langle jk \rangle} C_{\langle jk \rangle},$$

$$C_{\langle jk \rangle} = \frac{1}{2} (-\sigma_j^z \sigma_k^z + 1),$$

آشنایی با QAOA

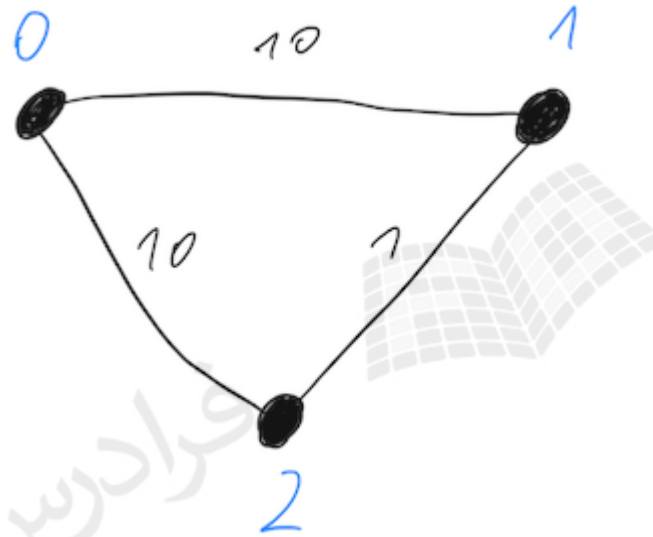
• Mixer Hamiltonian

$$U(B, \beta) = e^{-i\beta B} = \prod_{j=1}^n e^{-i\beta \sigma_j^x}$$

$$B = \sum_{j=1}^n \sigma_j^x.$$

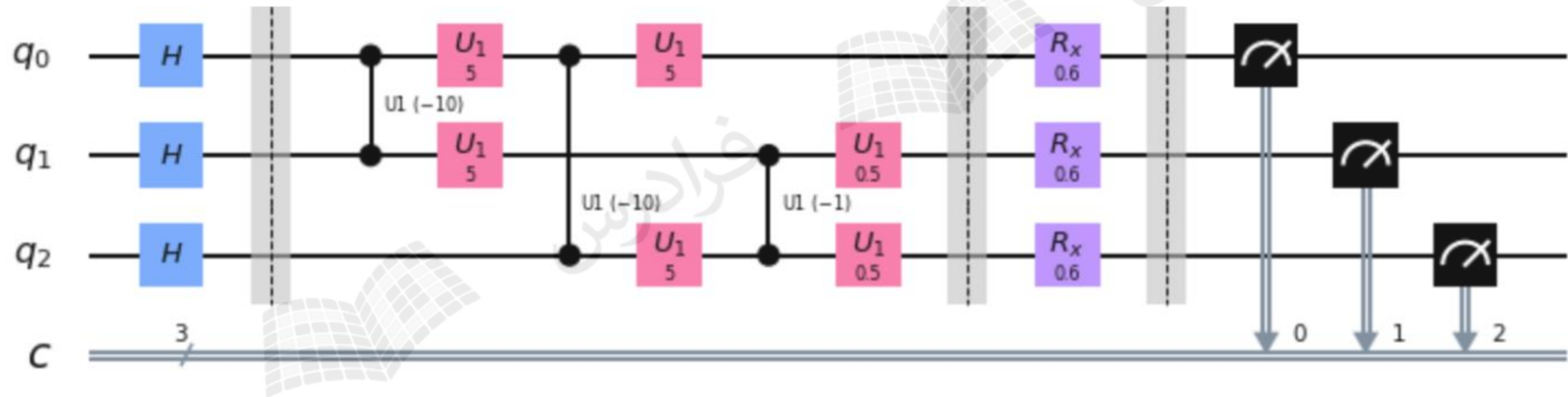
آشنایی با QAOA

• مثال



$$H_C = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot (1 - \sigma_0^z \sigma_1^z) + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot (1 - \sigma_0^z \sigma_2^z) + \frac{1}{2} (1 - \sigma_1^z \sigma_2^z)$$

آشنایی با QAOA



آشنایی با QAOA

- ارتباط VQE و QAOA

- آنسایز در QAOA محدودتر
- فقط برای هامیلتونی آیزینگ
- هدف‌های متفاوت از الگوریتم

منابع

- محاسبات و اطلاعات کوانتومی 2011 Michael A. Nielsen, Isaac L. Chuang
- محاسبات کوانتومی آدیاباتیک 2014 Catherine C. McGeoch

این اسلایدها بر مبنای نکات مطرح شده در فرادرس
«آموزش محاسبات کوانتومی»
تهیه شده است.

برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد این آموزش به لینک زیر مراجعه نمایید.

faradars.org/fvphy9909