

# Reinforcement learning-assisted quantum architecture search for variational quantum algorithms

(Kwantowe wyszukiwanie architektury dla wariacyjnych algorytmów kwantowych wspomagane uczeniem ze wzmocnieniem)

Akash Kundu  
14.02.2024

Istotną przeszkodą w erze zaszumionych komputerów kwantowych średniej skali (ang. NISQ -- Noisy Intermediate-Scale Quantum) jest konstrukcja obwodów kwantowych, które pozwolą na wykonanie użytecznych algorytmów kwantowych i są zgodne z ograniczeniami narzuconymi przez obecne ograniczenia sprzętu kwantowego. Aby sprostać tym wyzwaniom w obecnie dostępnych urządzeniach kwantowych, opracowano wariacyjne algorytmy kwantowe (ang. VQA -- Variational Quantum Algorithms), które stanowią klasę hybrydowych algorytmów kwantowo-klasycznej dla problemów optymalizacji. Jednakże ogólna wydajność wariacyjnych algorytmów kwantowych zależy od (1) strategii inicjalizacji obwodu wariacyjnego, (2) struktury obwodu (znanej również jako ansatz) oraz (3) konfiguracji funkcji kosztu. Koncentrując się na (2), w tej pracy zaproponowane są metody poprawy wydajności wariacyjnych algorytmów kwantowych poprzez automatyzację wyszukiwania optymalnej struktury obwodów wariacyjnych za pomocą uczenia się ze wzmocnieniem (ang. RL -- Reinforcement Learning). W ramach pracy skupiamy się na określeniu optymalności obwodu poprzez ocenę jego głębokości, całkowitą liczbę bramek i parametrów oraz dokładności w rozwiązaniu zadanego problemu.

Zadanie automatyzacji wyszukiwania optymalnych obwodów kwantowych znane jest jako wyszukiwanie architektury kwantowej (ang. QAS -- Quantum Architecture Search). Większość badań w zakresie wyszukiwania architektury kwantowej koncentruje się na scenariuszu bezszumowym.

W związku z tym wpływ szumu na proces wyszukiwania architektury pozostaje niewystarczająco zbadany. W tej pracy zajmujemy się tym problemem poprzez wprowadzenie techniki łączącej kodowanie obwodów kwantowych opartego na tensorach, ograniczenie dynamiki środowiska w celu efektywnego badania przestrzeni poszukiwań możliwych obwodów, schemat zatrzymywania epizodów w celu nakierowania agenta na znalezienie krótszych obwodów, oraz poprzez wykorzystanie podwójnie głęboką sieć Q (DDQN) z polityką  $\epsilon$  dla lepszej stabilności. Eksperymenty numeryczne na bezszumowym i zaszumionym sprzęcie kwantowym pokazują, że w radzeniu sobie z wybranymi algorytmami wariacyjnymi, zaproponowana metoda wyszukiwania architektury przewyższa istniejące metody. Dodatkowo metody, które proponujemy w pracy, można zostać łatwo zaadoptowane do szerokiego zakresu innych VQA.