

ROZRÓŻNIALNOŚĆ POMIARÓW KWANTOWYCH

STRESZCZENIE ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

MGR ALEKSANDRA KRAWIEC

PROMOTOR: DR HAB. ZBIGNIEW PUCHAŁA, PROF. IITIS PAN

PROMOTOR POMOCNICZY: DR HAB. INŻ. ŁUKASZ PAWELA, PROF. IITIS
PAN

Streszczenie

W tej rozprawie wykazujemy, że adaptacyjne schematy rozróżniania mogą poprawić rozróżnialność pomiarów kwantowych. Istnieją trzy podstawowe podejścia do badania problemu rozróżnialności: rozróżnianie symetryczne, jednoznaczne i asymetryczne.

Celem rozróżniania symetrycznego jest zminimalizowanie prawdopodobieństwa podjęcia błędnej decyzji, a więc maksymalizacja prawdopodobieństwa, że rozróżnianie się powiodło. Drugie podejście nazywane jest rozróżnieniem jednoznacznym. Wykorzystując to podejście, jeżeli otrzymamy rozstrzygający wynik rozróżniania, możemy być pewni, że jest on poprawny. Istnieje jednak szansa uzyskania wyniku nierozstrzygającego. Trzecie podejście, jakim jest rozróżnianie asymetryczne, znane jest również jako certyfikacja i opiera się na statystycznym testowaniu hipotez. W tym podejściu rozważamy oddzielnie błędy fałszywie dodatnie i fałszywie ujemne.

W podstawowym schemacie rozróżniania zakładamy, że jeden z dwóch pomiarów kwantowych, których opisy klasyczne są nam znane, jest potajemnie wybrany i schowany w czarnej skrzynce. Tej skrzynki nie można otworzyć, ale możliwe jest użycie pomiaru, który znajduje się wewnątrz niej. Przygotowujemy jako stan wejściowy stan kwantowy, który może być splątany z dodatkowym systemem. Następnie jest on mierzony przy pomocy pomiaru znajdującego się w czarnej skrzynce. Na podstawie otrzymanej etykiety pomiaru dokonujemy pomiaru dodatkowego systemu. Jego wynik pozwala na podjęcie decyzji, który z pomiarów znajdował się w czarnej skrzynce.

Wszystkie trzy podejścia do problemu rozróżniania są w pierwszej kolejności badane w sytuacji, gdy czarna skrzynka, która zawiera jeden z dwóch pomiarów, może być dostępna tylko raz. Potem badamy również równoległy schemat rozróżniania oraz najbardziej ogólny schemat adaptacyjny, który dopuszcza wykonywanie dodatkowych procedur pomiędzy kolejnymi zapytaniami do czarnej skrzynki. Dzięki temu możliwa jest modyfikacja stanu wejściowego dla kolejnego zapytania. Teza tej rozprawy brzmi: *Schematy adaptacyjne mogą ulepszyć rozróżnianie pomiarów kwantowych.*

Niniejsza rozprawa składa się z siedmiu rozdziałów i dwóch dodatków. Rozdział pierwszy zawiera wprowadzenie i motywację, jaka towarzyszyła napisaniu tej pracy. Preliminaria matematyczne, podstawowe pojęcia kwantowej teorii informacji i wprowadzenie narzędzi matematycznych znajdują się w rozdziale drugim. Rozróżnianie symetryczne pomiarów kwantowych jest badane w sytuacjach pojedynczych i wielokrotnych odpowiednio w rozdziałach trzecim i czwartym. Badania rozróżnienia jednoznacznego znajdują się w rozdziale piątym. Rozdział szósty jest poświęcony rozróżnianiu asymetrycznemu. Końcowe uwagi i wnioski można znaleźć w rozdziale siódmym. Na końcu pracy znajdują się dwa dodatki, które zawierają dowody twierdzeń, które nie znalazły się w tekście głównym.

Opublikowane prace

1. A. Glos, A. Krawiec, Z. Zimborás; *Space-efficient binary optimization for variational quantum computing*; npj Quantum Information, vol. 8, issue 1, 2022
2. A. Krawiec, Ł. Pawela, Z. Puchała; *Excluding false negative error in certification of quantum channels*; Scientific Reports, vol. 11, pp. 21716, 2021
3. Z. Puchała, Ł. Pawela, A. Krawiec, R. Kukulski, M. Oszmaniec; *Multiple-shot and unambiguous discrimination of von Neumann measurements*; Quantum, vol. 5, p. 425, 2021
4. A. Glos, A. Krawiec, Ł. Pawela; *Asymptotic entropy of the Gibbs state of complex networks*; Scientific Reports, vol. 11, no.1, pp. 1-9, 2021
5. P. Lewandowska, A. Krawiec, R. Kukulski, Ł. Pawela, Z. Puchała; *On the optimal certification of von Neumann measurements*; Scientific Reports, vol. 19, no.1, pp. 1-16, 2021
6. A. Krawiec, Ł. Pawela, Z. Puchała; *Discrimination of POVMs with rank-one effects*; Quantum Information Processing, vol. 19, 2020
7. Z. Puchała, Ł. Pawela, A. Krawiec, R. Kukulski; *Strategies for optimal single-shot discrimination of quantum measurements*; Physical Review A, vol. 98, issue 4, 2018
8. A. Glos, A. Krawiec, R. Kukulski, Z. Puchała; *Vertices cannot be hidden from quantum spatial search for almost all random graphs*; Quantum Information Processing, vol. 17, pp. 81, 2018
9. Z. Puchała, Ł. Rudnicki, A. Krawiec, K. Życzkowski; *Majorization uncertainty relations for mixed quantum states*; Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical, vol. 51, issue 17, 2018

Preprinty

1. A. Krawiec, Ł. Pawela, Z. Puchała; *Discrimination and certification of unknown quantum measurements*; arXiv preprint arXiv:2301.04948

Pogrubioną czcionką zaznaczono publikacje związane z niniejszą rozprawą.