

Abstrakt

Nieklasyczne cechy teorii kwantowej umożliwiają jej przewagę nad teorią klasyczną poprzez poprawienie wydajności wykonywania zadań lub efektywność zasobów. Scenariusz operacyjny leżący u podstaw danego zadania nakłada ograniczenia, w ramach których pewne zasoby kwantowe opierają się efektywnej klasycznej symulacji i w praktyce prowadzą do przewagi. Dodatkowo przewagi w zadaniach przetwarzania informacji służą jako narzędzia do certyfikacji nieklasycznego zachowania. Niniejsza rozprawa bada przewagi oferowane przez nieklasyczne zasoby w scenariuszach komunikacyjnych i nielokalnych oraz rozwija metody wykrywania nieklasycznych zasobów kwantowych.

Pierwsza jej część wprowadza problem rozproszonego etykietowania klik dla grafów ortogonalności i bada klasyczną oraz kwantową komunikację wymaganą do jednostronnego bezbłędnego rozproszonego obliczania i rekonstrukcji relacji bez wspólnych zasobów. Podczas gdy rozproszone obliczanie nie wykazuje przewagi kwantowej dla niektórych grafów, rekonstrukcja relacji wykazuje przypadek nieograniczonej przewagi kwantowej. Koszt komunikacji klasycznej bez wspólnej i prywatnej losowości rośnie jako $\log_2 n$ bitów wraz z rzędem grafu n , a koszt klasyczny bez wspólnej losowości wynosi co najmniej $\log_2 K(\mathcal{G})$ bitów dla grafu $\mathcal{G}$ o liczbie rozłączności $K(\mathcal{G})$. $K(\mathcal{G})$ jest ograniczone od dołu przez $\max \omega(\mathcal{G})$, $\log_2 n + \frac{1}{2} \log_2 \log_2 n + O(1)$. W kontraście do powyższego, koszt kwantowy wynosi $\log_2 \omega(\mathcal{G})$ kubitów, ilekroć $\mathcal{G}$ dopuszcza wierną ortogonalną reprezentację w wymiarze $\omega(\mathcal{G})$, który jest klikową liczbą grafu (równa rozmiarowi największej klik w grafie). Identyfikujemy rodziny grafów, w których rząd n rośnie bez ograniczeń, podczas gdy wierny zakres ortogonalności i klikowa liczba grafu pozostają stałe. Dla tych grafów koszt kwantowy pozostaje stały, podczas gdy koszt klasyczny rośnie bez ograniczeń, co ustanawia nieograniczoną przewagę kwantową w rekonstrukcji relacji. Pokazujemy również, że konieczna wspólna losowość dla ograniczonej komunikacji klasycznej rośnie jako $\log_2(\lceil \log_2 \alpha \rceil + 1)$ bitów wraz z liczbą α największych klik. Dla pewnej rodziny grafów prowadzi to do nieograniczonej separacji między wspomaganiem splątaniem a wspomaganiem współdzieloną losowością wymaganymi dla jednobitowego kanału klasycznego.

Druga część pracy przedstawia schematy wolne od losowości do wykrywania pomiarów niesymulowalnych projekcyjnie w scenariuszach z rozdzielonymi stronami, które współdzielą systemy o ograniczonym lokalnym wymiarze operacyjnym. Prezentuje schematy wykrywania nieprojekcyjnych pomiarów kubitowych o trzech i czterech wynikach w scenariuszu dwucząstkowym, z których niektóre są odporne na dowolny szum depolaryzacyjny. Proponuje również schematy wykrywania nieprojekcyjnych pomiarów qutritowych o pięciu wynikach. W przypadku dwucząstkowym z identycznymi urządzeniami praca przedstawia schemat i dostarcza argumentów za jego odpornością na dowolny szum depolaryzacyjny. Rozluźniając założenie identycznych urządzeń, omówiono schematy wykrywania nieprojekcyjnych pomiarów symulowalnych qutritowych w scenariuszach dwu- i trójcząstkowych. Praca rozszerza pojęcie pomiarów nieprojekcyjnych symulowalnych w ramach Ogólnych Teorii Probabilistycznych i prezentuje test wolny

od losowości, aby pokazać, że model square-bit lub teoria świata skrzynkowego są niefizyczne. Trzecia część pracy bada zadania klasycznej komunikacji z ograniczeniami wspomaganej korelacjami w jednostronnym scenariuszu typu przygotuj-i-mierz gdy odbiorca nie otrzymuje wejścia. Konstruuje ona nierówności Bella dopasowane do zadań klasycznej komunikacji wspomaganej korelacjami z liniową nagrodą, wykorzystując technikę cięcia przewodów. Naruszenie tej nierówności implikuje przewagę w odpowiadającym zadaniu, i *vice versa*. Następnie wprowadza pojęcie odczytywania przewodu, które wykorzystuje czytelność klasycznych wiadomości, i używa go do przedstawienia dwóch rodzin zadań, w których współdzielona losowość daje ściśle suboptymalną nagrodę. W pierwszej rodzinie dowolna korelacja z nielokalnej ścianą wieloboku bezsygnałowego osiąga optymalną nagrodę, przy czym w niektórych przypadkach wykazuje się wyraźną przewagę kwantową. W drugiej rodzinie każde zadanie jest dopasowane do określonej nielokalnej ścian, a korelacje na tej ścianie osiągają maksymalną wypłatę. Rozważając zadania dostosowane do nielokalnych ekstremalnych korelacji z dychotomicznymi wyjściami, gdzie nagroda wspomagana losowością wspólną wynosi co najwyżej 0.75, pokazano, że dowolna korelacja na linii izotropowej łączącej punkt ekstremalny z szumem białym prowadzi do przewagi, o ile udział szumu jest poniżej 0.5. Wprowadza się trzecią rodzinę zadań charakteryzowanych przez dwa parametry, demonstrując przydatność korelacji typu Hardy’ego z dychotomicznymi wejściami do jednobitowego kanału. Podczas gdy nagroda przy wspólnej losowości jest z góry ograniczona przez zero, korelacje Hardy’ego dają dodatnią nagrodę. Maksymalna kwantowa nagroda przy użyciu korelacji typu Hardy’ego rośnie wraz z parametrem zadania. Na koniec pokazano przypadek, dla którego gdy splątany stan dwóch qutritów osiąga maksymalną kwantową nagrodę. Warto tutaj zaznaczyć że splątane stany dwóch kubitów osiągają nagrodę wyższą niż granica lokalna, ale ściśle niższą niż maksimum kwantowe, co pokazuje przewagę qutritów nad kubitami. Dostarcza to operacyjnej metody doświadczalnej certyfikacji lokalnego wymiaru współdzielonego układu splątanego.