

Abstrakt

Technologie i protokoły kwantowe zapewniły bezprecedensowy rozwój w dziedzinie komunikacji, obliczeń i przetwarzania informacji. Jednakże, optymalizacja wydajności w zadaniach wykorzystujących zasoby kwantowe wymaga stale rosnącej wiedzy na temat nieklasycznych cech teorii kwantowej. Badania nad podstawami teorii kwantowej przeprowadzone w ostatniej dekadzie wykazały, że uogólniona kontekstualność jest jedną z najlepiej umotywowanych dostępnych koncepcji nieklasyczności, ponieważ jednocześnie zapewnia ona przewagę kwantową w wielu zadaniach obliczeniowych, komunikacyjnych i przetwarzania informacji, obejmuje lub jest związana z wieloma innymi koncepcjami nieklasyczności oraz ma rozsądną motywację filozoficzną wynikającą z założenia Leibniza o tożsamości tego, co nierozróżnialne.

Detekcja uogólnionej niekontekstualności nie jest jednak prosta, ponieważ zwykle opiera się na weryfikacji istnienia niekontekstualnego modelu ontologicznego dla badanego scenariusza. Niniejsza rozprawa przedstawia narzędzie numeryczne do detekcji uogólnionej kontekstualności w protokołach prepare-and-measure oraz pokazuje jego zastosowanie na różnych protokołach kwantowych, w przypadku których wiadomo, że kontekstualność jest zasobem, w celu zbadania, w jaki sposób bardziej praktyczne wielkości fizyczne i metody oparte na uogólnionej kontekstualności mogą pomóc ocenić przydatność tych protokołów w zadaniach komunikacyjnych.

Rozprawa zaczyna się od umotywwania przyjęcia uogólnionej kontekstualności jako koncepcji nieklasyczności poprzez zbadanie, w jaki sposób wersja device-independent kontekstualności nie jest wystarczająca do stwierdzenia kwantowej realizacji asymblaży Einsteina-Podolsky'ego-Rosena w pracy [First Paper]. W szczególności pokazujemy, że jeśli zdefiniujemy fizyczną zasadę makroskopowej niekontekstualności w oparciu o wersję device-independent kontekstualności, nie będziemy w stanie w pełni scharakteryzować asymblaży EPR, które spełniają tę zasadę, bez przyjęcia założeń dotyczących układu kwantowego.

Następnie przechodzimy do formalizmu uogólnionej teorii probabilistycznej i do głównego celu tej rozprawy w pracy [Second Paper], gdzie wprowadzamy liniowy program do detekcji kontekstualności w protokołach prepare-and-measure. Program szacuje wytrzymałość kontekstualności na szum depolaryzacyjny, tj. ile częściowego szumu depolaryzującego jest konieczne, aby istniał niekontekstualny model ontologiczny, i pokazuje model ontologiczny dla zasobu depolaryzowanego. Przedstawiamy również implementację tego programu w programie Mathematica i podajemy kilka przykładów zasobów kwantowych i postkwantowych, które wykazują lub nie uogólnioną kontekstualność.

W ostatnim rozdziale rozprawy, stosujemy ten program do protokołów kwantowych, w których wiadomo, że kontekstualność jest zasobem. W pracy [Third Paper] wykorzystujemy program liniowy do badania związku między uogólnioną kontekstualnością a koherencją i pokazujemy, że istnieją dowody kontekstualności, które są maksymalnie odporne na szum fazowy i które wymagają zanikającej ilości koherencji w stanach i pomiarach. Następnie zapewniamy tłumaczymy ten program liniowy na język Python w pracy [Repository]. Wykorzystujemy tę nową implementację, aby zbadać, jak dobrze odporność kontekstualności na depolaryzację i szum fazowy określa ilościowo wartość zasobów w zadaniach parity-oblivious multiplexing w pracy [Preprint]. Pokazujemy, że odporność na szum depolaryzujący oraz szum fazowy zminimalizowany w głównych osiach, dobrze ilościowo określają przewagę kwantową w tym zadaniu.