

## Abstrakt

Nielokalność jest jedną z najczęściej wykorzystywanych przez kwantowe protokoły komunikacyjne właściwości, służącą do osiągnięcia różnych celów, takich jak kwantowe generowanie kluczy (Quantum Key Distribution, QKD) dla przestrzennie oddzielonych agentów lub generowanie prawdziwie losowych liczb, których nikt we wszechświecie nie może przewidzieć i które można wykorzystać do celów kryptograficznych.

Od czasu przełomowej pracy Bella, wiele badań wykazało możliwość wykorzystania korelacji kwantowych do osiągnięcia lepszej wydajności w dziedzinie zadań komunikacyjnych niż można byłoby osiągnąć za pomocą klasycznych strategii.

Często badanie strategii kwantowych, które oferują największą szansę na sukces w danym zadaniu, jest bardzo żmudne i złożone, a czasem nawet niemożliwe przy dzisiejszej wiedzy, co sprawia, że podejścia numeryczne są przydatne, a czasem konieczne.

W niniejszej rozprawie pokazuję nowe osiągnięcia w dziedzinie certyfikacji splątania, generowania liczb losowych i zadań z udziałem wielu agentów działających na grafach, uzyskane za pomocą technik optymalizacji wypukłej. Badanie to zostało przeprowadzone w trzech zaprezentowanych artykułach mojego autorstwa.

Zaproponowany w pierwszym artykule eksperyment kwantowy obejmuje dwóch zaufanych agentów i agenta podsłuchującego. Eksperyment ten dotyczy problemu rozróżnienia splątanych stanów kwantowych od separowalnych stanów kwantowych poprzez zastosowanie techniki obserwowania splątania w obecności niedoskonałej komunikacji i w kontekście, w którym używane urządzenia nie są w pełni zaufane. W niniejszej pracy zastosowano techniki optymalizacji wypukłej w celu ustalenia, w jakim stopniu agent podsłuchujący może symulować zachowanie splątanych stanów kwantowych za pomocą separowalnych stanów kwantowych. Aby poradzić sobie ze zdarzeniami niewykrycia przez detektor, zastosowaliśmy techniki już znane i badane w kontekście scenariuszy Bella do techniki obserwowania splątania i porównaliśmy wyniki uzyskane przy użyciu różnych podejść.

W artykule drugim zaproponowany eksperyment kwantowy obejmuje dwóch zaufanych agentów i agenta podsłuchującego. W tej pracy wprowadziliśmy nowy algorytm i konfigurację eksperymentalną, które można wykorzystać do zademonstrowania zjawisk nielokalnych na bardzo dużych i, przy pewnych założeniach, dowolnie dużych odległościach, w obecności niedoskonałej komunikacji. Propozycja ta obejmuje wprowadzenie i implementację tak zwanego routowanego eksperymentu Bella, w którym, w jednej z jego formuł, źródło wysyła stany kwantowe do agenta znajdującego się w pobliżu źródła i do przełącznika, który losowo wysyła swój podsystem do innego agenta w pobliżu źródła lub do jednego z dala od źródła. Agenci umieszczeni blisko źródła wykonują pomiary na otrzymanym stanie kwantowym, próbując uzyskać korelacje, które maksymalnie łamią nierówność CHSH, podczas gdy agent umieszczony dalej wykonuje pomiary mające na celu uzyskanie wyników, które, jak wykazaliśmy, są losowe i niereprodukowalne przy zastosowaniu lokalnego opisu w kontekście niekonspiracyjnym. W tym projekcie wykorzystaliśmy techniki numerycznej

optymalizacji wypukłej do ilościowego określenia maksymalnej mocy predykcyjnej przeciwnika, który ma dostęp do źródła transmitowanych stanów kwantowych, określając w ten sposób losowość możliwą do uzyskania jako funkcję nieefektywności urządzeń używanych przez agenta umieszczonego w dużej odległości od źródła.

W zadaniu zaproponowanym w artykule trzecim pokazujemy, w jaki sposób współdzielenie stanów kwantowych może zwiększyć prawdopodobieństwo sukcesu wielu agentów wykonujących zadanie komunikacyjne. W szczególności zbadaliśmy niektóre zadania realizowane przez mobilnych agentów umieszczonych na wierzchołkach grafu, koncentrując się na różnych wariantach problemu rendezvous na grafie i różnych wariantach wprowadzonego przez nas zadania komunikacyjnego opartego na problemie dominowania w grafie. Zbadaliśmy możliwą przewagę kwantową, tj. wzrost prawdopodobieństwa sukcesu lub, bardziej ogólnie, wyniku, jaki agenci mogą uzyskać, gdy współdzielą splątane stany kwantowe. W tym badaniu wykorzystano metody optymalizacji wypukłej do zbadania optymalnych strategii kwantowych, które agenci mogą zastosować, porównując je z tym, co mogą zrobić, przyjmując tylko strategie klasyczne. Rozważaliśmy tylko zadania, dla których prawdopodobieństwo sukcesu lub wynik jest opisany funkcją liniową w odniesieniu do rozkładu wyników uzyskanych przez różnych agentów.