

Teoria kwantowa stanowi jeden z głównych filarów naszego rozumienia i formalnego opisywania przyrody. Jest doskonale potwierdzoną empirycznie konstrukcją formalną. Jednym z podstawowych zasobów w tej teorii jest kwantowe splątanie i manipulacja nim. Współcześnie wiemy, że kwantowe splątanie daje się realizować eksperymentalnie, kontrolować i wykorzystywać do pewnych nietrywialnych zadań, pomimo że jesteśmy dopiero na początku drogi ku powszechnym zastosowaniom. Nie mniej jednak, sformułowaliśmy podstawy bezpiecznej komunikacji kwantowej czy kwantowych obliczeń. We wspomnianych możliwych zastosowaniach bardzo ważną rolę odgrywa kwantowa teleportacja oraz operacje unitarne, będące modelem operacji odwracalnych, pozwalając nam na manipulacje splątaniem - tymi aspektami planujemy zająć się w niniejszym projekcie.

W pierwszym projekcie badania będą dotyczyły kwantowych protokołów teleportacji, które nie wymagają korekcji po stronie odbiorcy. Okazuje się, że pełnią one niezwykle istotną rolę teorii symulacji kwantowych kanałów, ich rozróżniania, a także służą jako model uniwersalnego procesora kwantowego. Niestety protokoły ów są dość skomplikowane i na dzień dzisiejszy raczej trudno implementowalne, nawet dla małej liczby układów. Jednym z głównych powodów jest wykorzystywanie uogólnionych pomiarów, które wymagają podczas praktycznej realizacji kontroli nad dodatkowymi stopniami swobody. W projekcie tym proponujemy relaksację tych więzów, poprzez podanie bezkorekcyjnych protokołów teleportacji realizowanych jedynie przez pomiary rzutowe. Planujemy podać zarówno protokół deterministyczny jak i probabilistyczny wraz z analizą ich wydajności.

W drugim projekcie pragniemy skupić się na problemie implementacji funkcji nieznanej operacji unitarnej, na przykład znalezienie jej macierzy odwrotnej. Naszym celem jest podanie procedur pozwalających na deterministyczną lub probabilistyczną realizację powyższego zadania, wraz z analizą ich wydajności, mając możliwość wielokrotnego użycia nieznanej operacji unitarnej. Proponowane rozwiązania będą fundamentalnie inne od tomografii procesu, która zazwyczaj wymaga użycia znacznej ilości zasobów przez co jest metodą dość nieefektywną.

Wszystkie proponowane zadania badawcze z punktu widzenia technicznego są spięte jedną klamrą - teorią reprezentacji grup i algebr grupowych oraz teorią programowania liniowego. To właśnie symetrie występujące w opisanych wyżej problemach pozwalają na próbę w pełni analitycznego podejścia do opisanych problemów i ich rozwiązania.

Podsumowując mamy nadzieję, że nasze badania przyczynią się do lepszego zrozumienia zjawiska kwantowej teleportacji oraz implementacji funkcji operacji unitarnych, także z punktu widzenia praktycznych zastosowań, oraz że również przyczynią się do rozwoju dyscypliny naukowej jaką jest teoria kwantowej informacji.