

Uzasadnienie wniosku o przyznanie nagrody Prezesa Rady Ministrów za wyróżniającą się rozprawę doktorską dla dr Michała Banackiego

Przedmiotem diskutowanej rozprawy doktorskiej jest analiza (oparta o wykorzystanie pojęcia symetrii) własności wybranych struktur wypukłych, zapewniających matematyczny opis eksperymentalnych scenariuszy rozważanych w ramach teorii informacji kwantowej. Prezentowane w niej wyniki badań w szczególności odnoszą się do pojęcia separowalności określonej podrodziny zbioru wszystkich stanów kwantowych (w układach wielocząstkowych) oraz dotyczą relacji pomiędzy zbiorami lokalnych, kwantowych i niesygnalizujących asamblaży, które dostarczają formalnej charakteryzacji procedur kwantowego sterowania.

Pierwsza część rozprawy definiuje oryginalną koncepcję przestrzeni D-symetrycznej oraz wielocząstkowych stanów D-symetrycznych, opisujących układy nierozróżnialnych cząstek scharakteryzowane wyłącznie przez całkowitą energię systemu. Przedstawiony przez autora wywód koncentruje się na zagadnieniu całkowitej separowalności (tzn. zagadnieniu detekcji splątania) wybranej klasy diagonalnych stanów D-symetrycznych. Rozprawa całkowicie charakteryzuje warunki separowalności przywołanej klasy stanów w terminach klasycznego (uogólnionego) problemu momentów. Ponadto wprowadzone kryteria separowalności zostają równoważnie wyrażone za pomocą uogólnionej własności zachowywania dodatniości po częściowej transpozycji.

Dalsza część rozprawy skupia się na fundamentalnym z punktu widzenia kryptografii pytaniu dotyczącym możliwości kwantowej realizacji nielokalnych, a zarazem ekstremalnych (eksponowanych) asamblaży niesygnalizujących. Autor rozprawy wprowadza nietrywialne i nowatorskie pojęcie asamblaży sztywnego (wyróżnione warunkiem braku posiadania pewnego rodzaju symetrii), które zostaje wykorzystane do udzielenia pozytywnej odpowiedzi na powyższe pytanie. Rozprawa prezentuje także rozważania dotyczące pojęcia asamblaży krawędziowych oraz konstrukcję (wielopodukładowych) nierówności sterowania, opartą na idei asamblaży sztywnych. Przywołane nierówności stanowią w szczególności narzędzie detekcji trójcząstkowego splątania (detekcji stanów, które nie są całkowicie separowalne lub biseparowalne) i analizy własności samotestowania.

Rozumowanie dotyczące kwantowej konstrukcji punktów ekstremalnych w zbiorach asamblaży niesygnalizujących zostaje także przeprowadzone w przypadku uogólnionych scenariuszy sterowania kwantowego. Opisywana rozprawa szczegółowo dyskutuje wspomnianą kwestię w kontekście wielopodukładowych scenariuszy sterowania kanałów oraz sterowania stanów w modelu sekwencyjnym.

Rozprawa wprowadza również nowe pojęcie wielopodukładowych korelacji hybrydowych, otrzymywanych w wyniku lokalnych pomiarów kwantowych, wykonywanych na niesygnalizujących asamblażach, które charakteryzują dany eksperyment sterowania. Korelacje te formują wypukły zbiór, stanowiący element ciągu nietrywialnych zawierają sytuujący się pomiędzy zbiorami korelacji kwantowych i korelacji niesygnalizujących. Jak wykazano w omawianej rozprawie, zbiór ten, w przeciwieństwie do zbioru wszystkich korelacji niesygnalizujących, dopuszcza możliwość kwantowej realizacji punktów ekstremalnych (a nawet eksponowanych), które nie posiadają jednocześnie lokalnego modelu. Idea korelacji hybrydowych w zaskakujący sposób dostarcza zatem pozytywnej odpowiedzi na pytanie dotyczące istnienia post-kwantowego paradygmatu eksperymentalnego, w którym możliwe jest bezpieczeństwo kryptograficzne oparte na ekstremalnych korelacjach o kwantowej realizacji.

Przedstawione w rozprawie rezultaty badań odznaczają się nowatorskim charakterem i oferują rozwiązania istotnych dla teorii informacji kwantowej problemów, w szczególności dotyczących detekcji wielocząstkowego splątania i kryptograficznego znaczenia pojęcia ekstremalności. Opisywana rozprawa doktorska wskazuje na wysoki poziom wiedzy teoretycznej jej autora oraz na jego samodzielność badawczą. Ocena ta znalazła swe odzwierciedlenie w postaci wyróżnienia rzeczonyj rozprawy przez Radę Dyscypliny Nauki fizyczne Uniwersytetu Gdańskiego. Tym samym przedkładane osiągnięcie spełnia kryteria określone w § 3-5 rozporządzenia Prezesa Rady Ministrów z dnia 21 maja 2019 r. w sprawie kryteriów i trybu przyznawania nagród Prezesa Rady Ministrów oraz wzoru wniosku o ich przyznanie.