

Superkanały kwantowe są fundamentalnym pojęciem w teorii informacji kwantowej, rozszerzającym ideę kanałów kwantowych na transformacje wyższego rzędu. Kwantowa teoria informacji, stosunkowo nowa dziedzina na styku mechaniki kwantowej i teorii informacji, bada, jak informacja jest kodowana w układach kwantowych, przetwarzana i przesyłana z wykorzystaniem zasad mechaniki kwantowej.

Podczas gdy kanały kwantowe reprezentują procesy fizyczne, które przekształcają stany kwantowe (reprezentowane przez macierze gęstości) w inne stany kwantowe, superkanały opisują transformacje działające na samych kanałach kwantowych — odwzorowując jeden kanał kwantowy na inny. Na przykład proces kwantowy, taki jak dekoherencja kwantowa, można modelować za pomocą kanału kwantowego, który opisuje utratę koherencji w systemie kwantowym w wyniku interakcji z otoczeniem. Taki kanał przekształca stan kwantowy w stan klasyczny, zwykle reprezentowany przez macierz gęstości diagonalną. Analogicznie, superdekoherencja odnosi się do procesu modelowanego przez superkanał kwantowy, w którym kanał kwantowy jest przekształcany w kanał klasyczny, reprezentowany przez diagonalną macierz Choi.

Z matematycznego punktu widzenia kanały kwantowe opisuje się za pomocą całkowicie dodatnich odwzorowań zachowujących ślad. Z kolei superkanały kwantowe reprezentowane są przez całkowicie dodatnie odwzorowania dwu-cząstkowe z dodatkowymi właściwościami, które gwarantują, że gdy działają na wejściowym odwzorowaniu zachowującym ślad, wynikowe odwzorowanie również zachowuje ślad. Warto zauważyć, że ta dodatkowa właściwość jest powiązana z kluczowym pojęciem w teorii informacji kwantowej: brakiem sygnalizacji, które zapewnia, że informacja nie może być przekazywana natychmiastowo między odległymi laboratoriami.

Niniejszy projekt proponuje dogłębne badanie superkanałów kwantowych. W szczególności zamierzamy zbadać, w jaki sposób ewolucję kwantową otwartych układów kwantowych — układów oddziałujących z ich otoczeniem — można modelować za pomocą określonych superkanałów. Superkanały te mapują początkowy kanał kwantowy (np. odwzorowanie tożsamościowe) na kanał w późniejszym czasie, tym samym uogólniając pojęcie kwantowego odwzorowania na poziom supermap.

Część projektu koncentruje się na konstruowaniu superkanałów w celu zdefiniowania transformacji wyższego rzędu o określonych właściwościach. Kluczową interesującą nas właściwością jest niezmienniczość względem określonych grup symetrii. Zamierzamy zbadać grupy symetrii, które mają istotne znaczenie w teorii informacji kwantowej, i rozszerzyć wymagania dotyczące symetrii na poziom supermap.

Dodatkowo planujemy zbadać potencjalne zastosowania wyrafinowanego formalizmu super odwzorowań. Jednym z takich kierunków jest analiza własności nielokalnych kanałów kwantowych dwu-cząstkowych — kanałów działających na skorelowanych stanach kwantowych dzielonych między dwie strony, często nazywane Alicją i Bobem. Istnieje złożony związek między nielokalnością na poziomie stanów złożonych systemów a nielokalnością kanałów kwantowych. Mamy nadzieję, że nasze badania ujawnią nowe własności superkanałów kwantowych i otworzą nowe kierunki ich zastosowań w teorii informacji kwantowej.