

Głównym celem projektu jest systematyczna analiza i charakteryzacja ewolucji stanów układów kwantowych z uwzględnieniem efektów pamięci. Taki typ ewolucji nazywany jest ewolucją niemarkowską. Jej cechą charakterystyczną jest uwzględnienie efektów pamięci wynikających z nietrywialnego oddziaływania układu kwantowego z otoczeniem. Tym samym stanowi ona istotne uogólnienie dynamiki markowskiej, która zaniedbuje efekty tego typu. Termin ten pochodzi z teorii procesów stochastycznych rozwijanych przez rosyjskiego matematyka A. Markowa -- proces stochastyczny (losowy) jest procesem Markowa jeżeli prawdopodobieństwo warunkowe nie zależy od historii procesu. Właśnie ta jest z dobrym przybliżeniem spełniona w wielu interesujących przypadkach i upraszcza analizę całego zagadnienia. W naszych badaniach wychodzimy poza powyższe przybliżenie.

Należy podkreślić, że każdy realistyczny układ kwantowy nie jest układem izolowanym ponieważ jest sprzeczony z zewnętrznym otoczeniem. Wymusza to specjalny sposób opisu znany w teorii kwantowych układów otwartych. Teoria ta przeżywa w ostatnich latach prawdziwy renesans w związku z jej zastosowaniami w kwantowej teorii informacji i nowoczesnych technologiach kwantowych. Okazuje się, że uwzględnienie nietrywialnych efektów pamięci może mieć istotne znaczenie dla opisu ewolucji układów fizycznych. Analiza matematycznych i fizycznych aspektów ewolucji niemarkowskiej ma istotne znaczenie zarówno dla zrozumienia teoretycznych podstaw ewolucji kwantowej takich jak utrata kwantowej koherencji (dekoherencja), dysypacja energii z układu do otoczenia jak i ewentualnych zastosowań technologicznych. Najważniejsze z nich to nowe metody komunikacji z użyciem układów kwantowych (tzw. kwantowa komunikacja), kwantowa kryptografia, czy też kwantowa teleportacja. Obecne techniki laboratoryjne i postęp w stosowaniu technologii kwantowych wymuszają wyjście poza przybliżenie Markowa i uwzględnienie subtelnych efektów korelacji układ-otoczenie.

Nasze badania dotyczą nowego aspektu ewolucji układów fizycznych. Kwantowe układy z pamięcią stanowią wyzwanie zarówno z fizycznego i jak i matematycznego punktu widzenia i nadal wymagają dogłębnej analizy teoretycznej. W naszych badaniach chcemy odpowiedzieć na szereg istotnych pytań (np. do tej pory nie znamy ogólnej struktury lokalnego generatora ewolucji). Dodatkowo planujemy zastosowanie nowych narzędzi teoretycznych pochodzących z kwantowej teorii informacji do analizy powyższych zagadnień. Jak w każdym projekcie naukowym oczekujemy na otwarcie nowych kierunków badań i postawienie nowych pytań i hipotez.