

Streszczenie

Metrologia kwantowa wykorzystuje nieklasyczne zjawiska, takie jak koherencja i splątanie kwantowe, do zwiększania precyzji pomiarów. Wyniki zawarte w niniejszej rozprawie odnoszą się do dwóch różnych kierunków badań w tej dziedzinie. W pierwszej części rozprawy opracowuję ogólne narzędzia teoretyczne do badania fundamentalnych ograniczeń metrologicznych w dotychczas słabo zbadanym reżimie skorelowanego sygnału i szumu. Następnie, skupiam się na kwantowo inspirowanym obrazowaniu nadrozdzielczym i pokazuję, że czasowe korelacje sygnału stanowią metrologicznie wartościowy zasób.

W pierwszej części rozprawy (rozdziały 2–4) rozwijane są uniwersalne techniki optymalizacji kwantowej informacji Fishera (QFI) po protokołach adaptatywnych w obecności skorelowanego szumu. Dokładne wykonanie tej optymalizacji jest możliwe jedynie w przypadku małej liczby estymowanych kanałów (typowo $N \leq 5$). Celem tej rozprawy jest zbadanie obszaru dużych N , w którym możliwe jest jedynie wyprowadzenie dolnych i górnych ograniczeń na wynik optymalizacji.

Rozdział 2 przedstawia metody oparte na sieciach tensorowych, pozwalających efektywnie optymalizować protokoły adaptatywne przy dodatkowym ograniczeniu rozmiaru układu pomocniczego (*ancilli*). Metody te, mające zastosowanie zarówno do scenariuszy skorelowanych, jak i nieskorelowanych, pozwalają uzyskać konstruktywne dolne ograniczenia kwantowej informacji Fishera dla układów, których rozmiar znacznie przekracza możliwości wcześniejszych algorytmów.

W rozdziale 3 wyprowadzone są uniwersalne górne ograniczenia adaptatywnej kwantowej informacji Fishera dla przypadku modeli nieskorelowanych. Wyprowadzone ograniczenia są asymptotycznie wysycalne. Pozwala to wykazać ogólną asymptotyczną równoważność metrologicznych schematów równoległych i adaptatywnych, co przez dłuższy czas stanowiło otwarty problem.

Rozdział 4 rozszerza ograniczenia wyprowadzone w Rozdziale 3 do w pełni ogólnego przypadku obejmującego korelacje sygnału i szumu. Pozwala to zbadać dwa kanoniczne fizyczne przypadki, w których kluczowa jest rola korelacji – estymację fazy w obecności skorelowanego szumu defazującego oraz kolizyjną termometrię kwantową.

Rozdział 5 wprowadza uniwersalną miarę wrażliwości precyzji estymacji kwantowej na niedoskonałości pomiarowe, którą nazywamy podatnością informacji Fishera na szum pomiarowy (*Fisher information measurement noise susceptibility*, FI MeNoS). Wielkość ta okazuje się być użyteczna do analizy kwantowej interferometrii i kwantowo-inspirowanego obrazowania nadrozdzielczego. Pokazuję, że sub-Poissonowska statystyka fotonów, wynikająca ze zjawiska antygrupowania, umożliwia skonstruowanie pomiarów mniej podatnych na szum w przypadku estymacji rozsunięcia dwóch obrazowanych źródeł.

Rozdział 6 pokazuje, jak czasowe korelacje sygnału optycznego wynikające z migania emiterów poprawiają kwantowo inspirowaną nadrozdzielczość. Rozważam estymację momentów przestrzennych obiektów o dowolnym kształcie. Pokazuję, że korelacje zwiększają precyzję estymacji wyższych momentów przestrzennych oraz, co ważniejsze, umożliwiają uzyskanie informacji o tych wyższych momentach przy użyciu znacznie prostszych pomiarów.