

Неунитарные отображения и селективные измерения в квантовой томографии

С.Н. Филиппов

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Физико-технологический институт РАН

Измерение квантовых состояний является необходимым шагом в процессе разработки методов квантовых вычислений и проверки точности выполняемых операций. Традиционные подходы к полному измерению квантовых состояний (томографии) основываются на использовании различных базисов и анализе проекций. При этом переход от одного базиса к другому обычно осуществляется неким унитарным преобразованием. Стандартная томограмма $p(x, U) = \langle x | U^\dagger \rho U | x \rangle$ оператора плотности ρ представляет собой совокупность распределений вероятностей обнаружить систему в состояниях $U|x\rangle$, где унитарное преобразование U играет роль параметра. В докладе предлагается подход, в котором унитарное преобразование U заменяется на неунитарное преобразование A , приводящее к распределению $\langle x | A^\dagger \rho A | x \rangle / \text{tr}(A^\dagger \rho A)$. След в знаменателе указывает на селективность данного измерения, которая может быть реализована экспериментально (например, с помощью неунитарных операций добавления и вычитания фотонов [1,2]). Неунитарность оператора A изменяет структуру измеряемых распределений вероятности таким образом, что небольшого их числа должно быть достаточно для восстановления чистых состояний.

В общем случае рассматривается квантовый инструмент: $\rho \rightarrow \Phi[\rho] = \sum_k A_k \rho A_k^\dagger$, т.е. вполне положительное отображение с операторами Крауса A_k , не увеличивающее след состояния ($\sum_k A_k^\dagger A_k \leq I$). Далее метод заключается в рассмотрении дуального отображения Φ^\dagger , определяемого равенством $\text{tr}(\Phi[\rho]B) = \text{tr}(\rho\Phi^\dagger[B])$. Подставляя вместо B проектор $|x\rangle\langle x|$ или другую (чёткую или нечёткую) наблюдаемую, получаем, что данный метод позволит восстановить оператор плотности ρ , если совокупность операторов $\Phi^\dagger[B]$ будет образовывать базис в пространстве операторов. Естественно, что результат будет зависеть от используемого отображения Φ или набора отображений Φ_1, \dots, Φ_n . Предлагаемый метод обобщает встречающийся в литературе частный случай измерения с привлечением канала с шумом [3].

Метод неунитарных преобразований может быть также применён к томографии квантовых процессов, что обосновывается равенством $\text{tr}(\Phi[\mathcal{E}[\rho]]B_j) = \text{tr}(\rho\mathcal{E}^\dagger[\Phi^\dagger[B_j]])$, из которого находится действие дуального канала \mathcal{E}^\dagger , а затем и искомого (линейного) отображения \mathcal{E} .

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ № 16-37-60070 мол-а-дк.

Литература

1. *Kim M.S.* Recent developments in photon-level operations on travelling light fields // J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. – 2008. – V. 41. – P. 133001.
2. *Neergaard-Nielsen J.S., Takeuchi M., Wakui K., Takahashi H., Hayasaka K., Takeoka M., Sasaki M.* Photon subtraction from traveling fields - recent experimental demonstrations // Progress in Informatics. – 2011. – V. 8. – P. 5.
3. *Harder G., Mogilevtsev D., Korolkova N., Silberhorn C.* Tomography by noise // Phys. Rev. Lett. – 2014. – V. 113. – P. 070403.