

Прямое измерение волновой функции с помощью сильных измерений

Дж. Валлоне и Д. Декуаль (Италия)

Реферат подготовил М.Х. Шульман (shulman@dol.ru, www.timeorigin21.narod.ru)

arXiv:1504.06551v1 [quant-ph] 24 Apr 2015

Direct measurement of the quantum wavefunction by strong measurements

Giuseppe Vallone and Daniele Dequal

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università degli Studi di Padova, Padova, Italy.

В квантовой механике волновая функция является фундаментальным представителем любой квантовой системы, и она предлагает ключевое средство для предсказания результатов измерения физической системы. Ее определение имеет, следовательно, решающую важность во многих приложениях. С целью реконструкции полной квантовой волновой функции системы был разработан косвенный метод, называемый квантовой томографией состояния (QST). Этот метод основан на измерении дополнительных переменных нескольких копий одной и той же квантовой системы, из чего выводится оценка волновой функции, которая лучше воспроизводит результаты измерения. Этот метод, изначально предложенный для двухуровневой системы, был распространен на большее число дискретных квантовых состояний [2], равно как и на системы с непрерывными переменными [3]. Недавно Lundeen et al. [4] предложил альтернативное операциональное определение волновой функции, основанное на слабом измерении [5-7]: *“[волновая функция] является усредненным результатом слабого измерения переменной, за которым следует сильное измерение дополнительной переменной”*. После первой демонстрации, в которой была измерена поперечная волновая функция фотона, этот метод был последовательно обобщен на смешанные состояния [11] для систем с непрерывными переменными [12] и сравнен со стандартной квантовой томографией состояния в [13, 14].

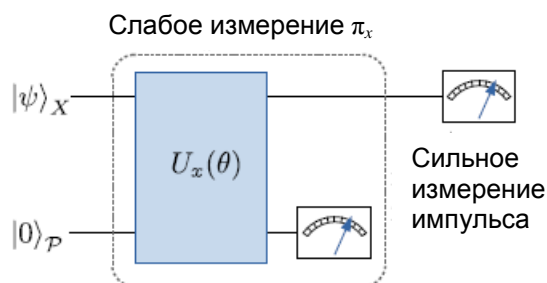


Рисунок 1. Схема исходного DWT-метода для измерения волновой функции

С помощью этого метода, который авторы называют DWT (Direct-Weak-Tomography – Прямая-Слабая-Томография), было выполнено “прямое измерение” квантовой волновой функции: термин “прямое измерение” отсылает к свойству, согласно которому значение, пропорциональное волновой функции, появляется

непосредственно в измерительном приборе без дальнейших сложных вычислений или сглаживания результатов измерений. Как было изначально предложено, “прямое измерение” основано на “слабом” взаимодействии между индикатором (т.е. измерительным прибором) и системой. Слабое измерение имеет место, когда связь между индикатором и системой намного меньше, чем диапазон показаний индикатора (pointer width). Как отмечалось в литературе, *“важная особенность [этого] метода состоит в том, что первое измерение выполняется деликатным способом с помощью слабого измерения, чтобы не возмущать второе измерение”* [4] или *“Непосредственное измерение квантовой системы основывается на технике слабого измерения: извлечения столь небольшой информации из единственного измерения, чтобы состояние системы не коллапсировало”* [8].

Далее авторы заявляют, что прямое измерение квантовой волновой функции может быть получено с помощью точно такой же схемы, что и по методу DWT, в которой используются только сильные (т.е. проекционные) измерения, без “деликатных измерений” или “неколлапсирующей волновой функции”. Они сравнивают DWT с предлагаемым методом, показывая, что использование сильных измерений дает преимущества в отношении точности. Полученные ими результаты дают также достаточный критерий применимости DWT (т.е. насколько “малым” для этого должен быть параметр взаимодействия).

Ссылки

- [1] D. F. V. James, P. G. Kwiat, W. J. Munro, and A. G. White, Phys. Rev. A 64, 52312 (2001).
- [2] R. T. Thew, K. Nemoto, A. G. White, and W. J. Munro, Phys. Rev. A 66, 012303 (2002).
- [3] A. I. Lvovsky and M. G. Raymer, Rev. Mod. Phys. 81, 299 (2009).
- [4] J. S. Lundeen, B. Sutherland, A. Patel, C. Stewart, and C. Bamber, Nature 474, 188 (2011).
- [5] Y. Aharonov, D. Z. Albert, and L. Vaidman, Phys. Rev. Lett. 60, 1351 (1988).
- [6] Y. Aharonov and L. Vaidman, Phys. Rev. A 41, 11 (1990).
- [7] J. Dressel, M. Malik, F. M. Miatto, A. N. Jordan, and R. W. Boyd, Rev. Mod. Phys. 86, 307 (2014).
- [8] J. Z. Salvail, M. Agnew, A. S. Johnson, E. Bolduc, J. Leach, and R. W. Boyd, Nat. Photonics 7, 316 (2013).
- [9] M. Malik, M. Mirhosseini, M. P. J. Lavery, J. Leach, M. J. Padgett, and R. W. Boyd, Nat. Comm. 5, 3115 (2014).
- [10] S. Kocsis, B. Braverman, S. Ravets, M. J. Stevens, R. P. Mirin, L. K. Shalm, and A. M. Steinberg, Science 332, 1170 (2011).
- [11] J. S. Lundeen and C. Bamber, Phys. Rev. Lett. 108, 070402 (2012).
- [12] J. Fischbach and M. Freyberger, Phys. Rev. A 86, 052110 (2012).
- [13] L. Maccone and C. C. Rusconi, Phys. Rev. A 89, 022122 (2014).
- [14] D. Das and Arvind, Phys. Rev. A 89, 062121 (2014).