实现开放光量子行走的高效机器学习

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/26538.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

实现开放光量子行走的高效机器学习。中国科学技术大学郭光灿院士团队的李传锋、许小冶、韩永建等人与合肥综合性国家科学中心董少钧以及南方科技大学翁文康等合作，利用人工神经网络作为开放系统中混合量子态的有效拟设，并通过改进自然梯度下降算法有效提高神经网络的训练效率，在具有内禀高维结构的开放光量子行走系统中，首次实现高保真度混合量子态重构。3月15日，相关成果发表于《科学-进展》。

量子行走被认为在量子模拟和量子计算中具有重要研究价值。充分挖掘开放量子行走的计算和模拟能力，必须要对其演化状态进行完整刻画。但传统的态层析方法并不适用于具有一定规模的开放量子系统。因此，如何高效表征混合量子态是各个实验体系都面临的重大挑战。

最近，基于人工神经网络学习开放量子系统的方法在理论上被提出。然而，随着系统规模不断增加，神经网络要保持对其混合量子态的高表达能力就需要更为复杂的网络结构，因此直接应用该方法重构大规模开放量子行走中的演化状态，将面临复杂的网络训练问题。

在此次工作中，研究团队构建新型干涉测量装置以显著增加测量基数目，并通过建立开放量子行走系统与受限玻尔兹曼机网络模型之间的映射，同时开发新的梯度优化算法高效训练神经网络，最终完成对具有一定规模的开放量子行走系统中混合量子态的有效表征。相对于传统的态层析方法，这种有效的神经网络态层析仅利用部分所需的测量即可高保真度地重构混合量子态。

为了增加神经网络训练数据，研究团队在前期构建的大尺度光量子行走实验系统基础上，进一步引入一个时间域上的不等臂干涉仪实现不同格点位置之间的干涉测量，从而显著地提高了测量基数目。

结果表明，基于神经网络技术，仅利用相对于传统态层析方法50%的测量基数目，即可实现平均保真度高达97.5%的开放光量子行走的完整混合量子态表征。

此外，为提高复杂神经网络的训练效率，研究团队在自然梯度下降算法的基础上，找到合适的新度规，开发出更为有效的广义自然梯度下降算法。研究结果表明，相比于传统梯度下降算法，采用新算法的神经网络训练迭代次数可以减少一个数量级，并且可以高效规避局域极小值的影响，使损失函数到达更低取值，从而极大提高重构保真度。

研究人员介绍，这种高效的神经网络混合量子态层析方法为开放量子行走的广泛应用提供了新的可能性，并为进一步研究噪声辅助的量子计算和量子模拟奠定了基础。（来源：中国科学报 王敏）

相关论文信息：https://doi.org/10.1126/sciadv.adl4871

作者：李传锋等 来源：《科学进展》

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发