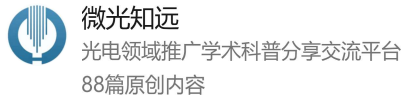


Nature Computational Science: 基于非线性无序介质的大规模光计算!!!

原创 林影月 微光知远 2024年06月29日 08:30 英国



公众号

导读

近日，**巴黎科学与文学高等研究大学 (École Normale Supérieure)** 和**清华大学的研究团队发表了一项创新研究**，宣布他们成功研发出一种基于非线性无序介质的大规模高性能光子神经网络。这种光子计算系统能够在多种机器学习任务中表现出色，包括图像分类、回归和图分类等。该工作以“Large-scale photonic computing with nonlinear disordered media”为题，发表在《自然计算科学》上。

创新研究背景

神经网络在科学和技术应用中得到广泛使用，但传统计算机在处理这些网络时遇到了瓶颈。光子计算作为一种神经形态平台，具有大规模并行处理、超低延迟和低能耗等优势。然而，大多数光子计算主要用于线性操作。此次研究团队展示了一种基于无序多晶铌酸盐 (LN) 纳米晶体薄片的非线性光子神经网络，成功实现了复杂的神经网络计算。

系统原理及实现

该系统通过随机准相位匹配和多重散射，生成线性和非线性光斑特征，这些特征在同时的线性随机散射和二次谐波生成之间相互作用。具体来说，输入数据被编码到空间光调制器 (SLM) 的空间相位分布中，然后被调制后的光波照射到无序的LN薄片上，产生光学特征。这些特征通过线性和非线性光斑场的强度捕捉形成，用于机器学习任务。

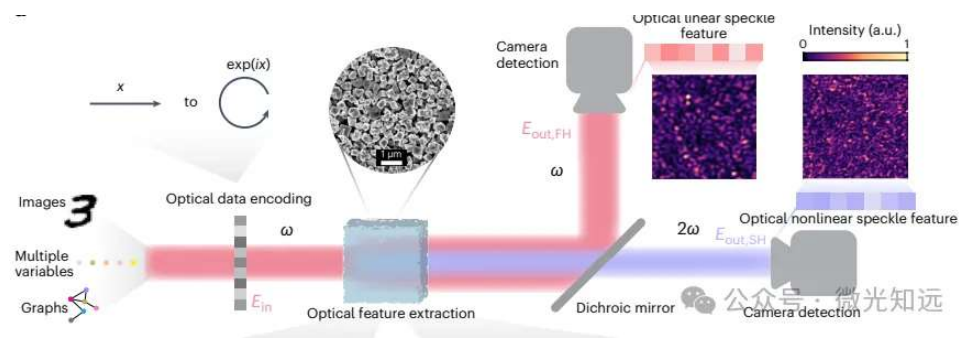


图1：物理概念示意图。

实验结果及性能

研究团队对系统的性能进行了多方面测试，包括图像分类、回归和图分类任务。在图像分类中，他们使用了手语数字和美国手语字母数据集，结果显示，非线性光斑特征显著优于线性光斑特征。在回归任务中，系统在预测船只水动力性能和混凝土抗压强度方面表现出色，非线性光斑特征同样展现了更高的精度。此外，在图分类任务中，研究团队测试了基于随机块模型生成的图数据和Reddit二元图数据集，结果表明，非线性光斑特征在提高分类精度方面具有明显优势。

这项研究展示了光子神经网络在模拟计算中的巨大潜力，尤其是在处理复杂的机器学习任务时。未来，研究团队计划进一步优化该系统，以实现更高的计算效率和更广泛的应用。此外，利用 $\chi(2)$ 非线性介质进行计算还开辟了量子或量子增强计算的新可能性。

通过此次研究，巴黎科学与文学高等研究大学的团队展示了一种全新的光子计算方法，利用非线性无序介质实现了大规模、高性能的神经网络计算。这一创新不仅在理论上具有重要意义，也为实际应用提供了新的思路，展示了光子计算在未来信息处理领域的广阔前景。

论文链接：

<https://doi.org/10.1038/s43588-024-00644-1>