数据驱动似然优化框架实现高阶网络结构重构

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/39736.html

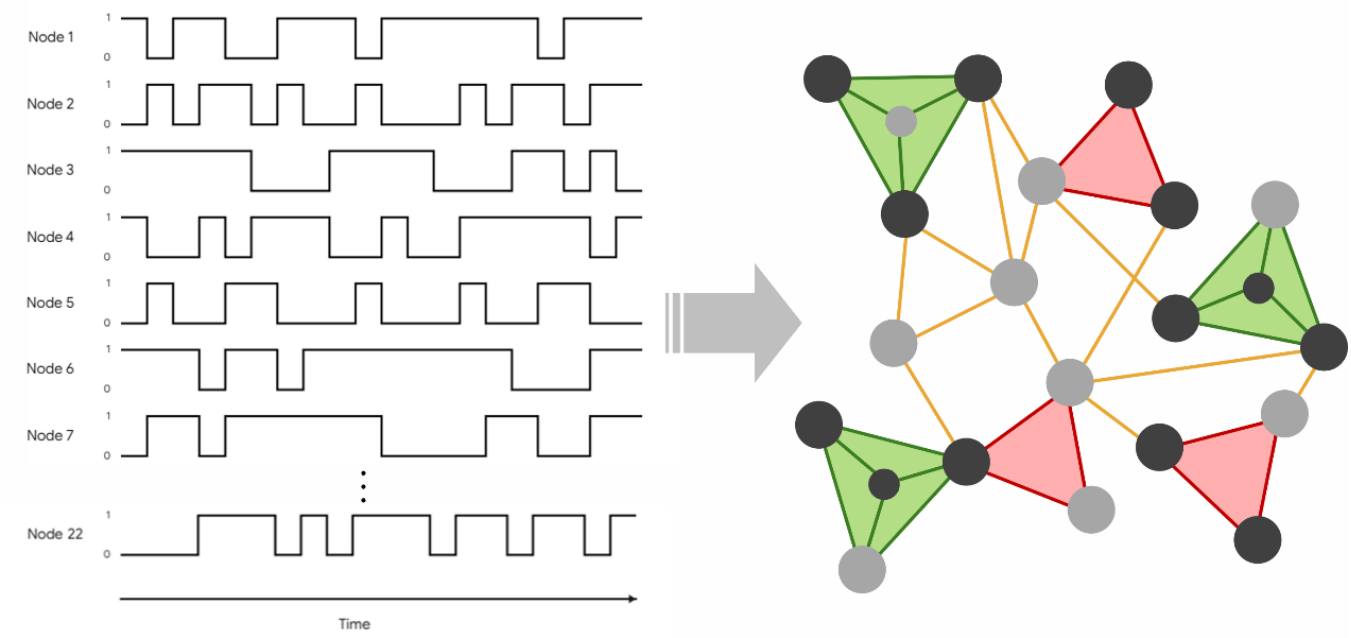
本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

数据驱动似然优化框架实现高阶网络结构重构。近日，哈尔滨工业大学深圳校区前沿学部理学院教授赵毅团队在复杂系统研究领域取新突破，相关成果发表在《物理评论快报》上。

从观测数据中揭示系统潜在的拓扑结构，是复杂系统、统计物理和社会科学等众多领域共同关注的基础问题。此前的研究关注于通过时间序列，获取系统的点对交互结构。但在现实中，系统的动力学行为普遍依赖于高阶交互作用，而这样高阶结构往往对系统演化起到决定性作用。近20年来，如何凭借节点状态的有限观测数据，精准反演出系统的全阶拓扑，一直是一个困扰学界的难题。

为此，研究团队提出了一种具有普适性的数据驱动似然优化框架。该方法无需对系统和数据分布进行先验假设，即直接从马尔可夫动力系统生成的二元时间序列中重构系统的多重交互结构。在技术实现上，团队采用以节点为中心的设计，并通过指数函数对结构连接概率进行参数化，有效改善了似然函数的凸性特征。

针对高阶网络推断中，潜在单纯形组合随节点数呈指数级增长而导致的维度灾难，他们提出了一种可扩展的两阶段加速策略，即首先提取可靠的成对交互基础骨架，随后将高阶单纯形的搜索严格限制在该骨架的团簇结构中，从而将计算复杂度从全局规模大幅压缩至局部水平。针对非凸目标函数的求解，引入凸差算法，通过迭代将其分解为凸子问题，为寻找最优解提供了理论保证。



从节点状态的时间序列推断系统高阶结构示意图。研究团队供图

研究结果表明，该方法在多种网络结构和不同参数组合下都可实现全阶结构重构，具有优越的鲁棒性和跨场景适应能力。以三阶随机单纯复形网络为例，深色区域反映了该方法随不同阶传播率参数变化时的重构效果。在较宽的参数区间内，实现从一阶到三阶单纯形结构的有效重构，说明其在不同动力学条件下的自适应性，以及在现实系统高阶结构识别中的应用前景。（来源：中国科学报 刁雯蕙）

相关论文信息：https://doi.org/10.1103/wg8s-z4hn

作者：赵毅等 来源：《物理评论快报》

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