网络认知与描述的新探索

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/6305.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！

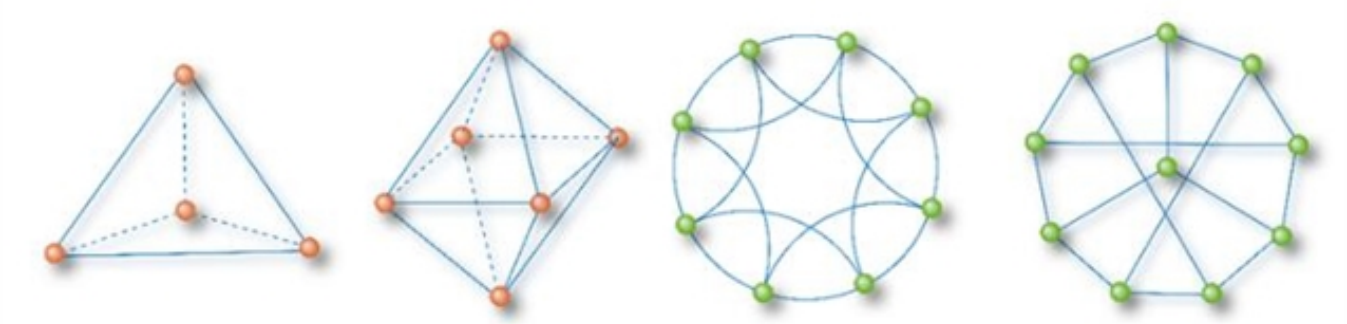


图 4节点团网络、6节点2-洞网络、8节点邻规则网络、10节点同步最优网络

网络认知与描述的新探索。研究复杂系统的网络，由节点和连线交织组成。节点表示系统中的单元，连线表示单元之间的相互作用。这些点线关系可以用邻接矩阵来描述。节点度即它的连线数的异质性导致以大度节点为核心的星结构的涌现。针对无标度网络的研究，在过去很长一段时间内受到广泛关注。然而，随着互联网技术发展及网络科学研究的深入，我们发现基于星结构的传统认知模式已经不足以描述现今各种现实网络中涌现出来的科学问题。例如，在线网络基于圈的传播模式广泛存在。网络的功能与同质性子结构及网络拓扑不变量等密切相关。如果将网络的认知视角从节点度转移到网络圈，就会发现普遍存在同质性的全齐性子网络。这里，全齐性网络定义为各个节点度相等、周长(节点最小圈的连线数)相等、路和(其它节点到该节点最短路长之和)相等的一类网络，典型例子见图1。

庞加莱早就发现边界是区分几何体的关键。他先把几何体剖分成称为单纯形的基本组成部分(点，线，三角形，四面体，…)，从而引入同调群、贝蒂数，并推导出欧拉-庞加莱公式，即单纯形的交错和等于贝蒂数的交错和。受此启发，我们可以对网络的结构进行类似的剖分，这样庞加莱的数学理念便可顺理成章地应用于网络科学研究。原因是网络中存在大量连线、三角形、四面体等这些全齐性结构(图论之称为团，拓扑学称之为单纯形)。基于这些骨干单元，我们可以用一系列二元域上的向量空间来描述网络。例如，以连线为基的向量空间C1，空间维是连线数目;以三角形为基的向量空间C2，空间维数是三角形数目，等等。由于三角形的边是连线，C1和C2之间可通过边界算子∂2：C2→C1来建立关联，并用边界矩阵来表示和进行研究。边界矩阵比邻接矩阵具有更丰富的数学含义和更多的可用工具。例如，通过边界矩阵的秩可计算网络重要不变量之一的贝蒂数，即网络无关洞的数目，从而确定网络的同调群。

我们的探索，从源于物理的网络同步准则(汪小帆和陈关荣，2002年)，经由优化导出了全齐性网

络(史定华、陈关荣、阎小勇等，2013年)，其重要性得到大脑网络的实证检验(Bassett等，2018年)，最终归结为代数拓扑的不变量指标。这一系列的成果体现了物理、生物、数学等多学科交叉融合的意义和价值。考虑到基于代数拓扑的网络结构分析这一有意义的研究方向，近日我们以Totally homogenous networks为题在《国家科学评论》发表了相关研究结果。

论文相关信息： https://doi.org/10.1093/nsr/nwz050

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