
构建新数学模型解析复杂疾病

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/24662.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！

构建新数学模型解析复杂疾病。疾病发生发展的背后，往往存在着错综复杂的因素。

近日，北京雁栖湖应用数学研究院（以下简称研究院）统计团队与代数拓扑及其应用团队在《美国国家科学院院刊》（PNAS）上发表复杂疾病的代谢物理学最新研究成果，创新地运用数学手段，构建了统计物理学网络模型idopNetworks，利用丘成桐及其合作者发展出的GLMY同调理论，分析不同疾病的代谢网络模型，探究各个因素及其相互作用对人类疾病的影响，为解析复杂疾病成因、指导复杂疾病治疗及相关药物设计提供了崭新思路。

疾病的发生与代谢的改变息息相关。现有方法只是对单一关键代谢物的分析，没有对多因素、动态、异质和相互依赖的实际情况进行分析。对此，研究团队结合了生态系统理论和进化博弈论原理，首创复杂疾病的统计物理模型。

不同于现有低维度网络模型，该模型实现了两大创新。

作为论文通讯作者之一，清华大学丘成桐数学科学中心曾思明讲座教授、研究院副院长邬荣领介绍，首先，构建了全面的、动态的网络模型，将疾病看成一个由许多因子（如代谢物质）构成的复杂网络系统，通过引入进化博弈论原理，将系统中每一个因子的作用分解成两个组成部分，包括该因子自身的作用，即独立效应；以及共存因子对它的影响，即依赖效应；即可清晰地反映每个因子对系统的贡献。团队将前者作为节点，后者作为边，构建出一个信息丰富（informative）、动态（dynamic）、全方位（omnidirectional）、个性化（personalized）的网络，称之为idopNetworks。

第二引入代数拓扑中的同调理论分析网络。团队利用丘成桐先生及其合作者最新发展出的GLMY同调理论，分析网络中一个因子向另一因子传播信号的路线图，从中发现系统状态变化的拓扑规律，并追踪网络的拓扑结构变化，从而更好地理解疾病发生发展的机理。

研究团队以炎症肠疾病为例验证了该模型的巨大潜力。

炎症肠疾病是一种特发性肠道炎症性疾病，其病因和发病机制尚未完全明确。传统方法只能识别与炎症肠疾病显著相关的单个代谢物，利用现有临床数据，团队构建出与炎症肠疾病相关的代谢互作网络idopNetworks，获得了不同代谢物互作关系。idopNetworks发现这些单个代谢物发挥的作用并不来自于其独立效应，而是源于其他代谢物的调控，即依赖效应。通过改变代谢物之间的调控关系会导致代谢物自身作用的改变。比如，作用不显著的代谢物，通过消除关联代谢物对其产生负调控效应，代谢物的作用变得显著。idopNetworks还揭示了患者从健康状态转向炎症肠疾

病，以及从炎症肠疾病转向健康状态，代谢物互作关系的变化。

炎症肠疾病包括溃疡性结肠炎（UC）和克罗恩病（CD）两种类型，团队利用GLMY同调理论分析UC与CD的idopNetwork，发现了两者细微的网络拓扑结构差异，且与亚麻酸盐这一代谢物有关的网络联通性是出现差异的重要原因。这显示GLMY同调理论在复杂生物系统研究中具有巨大的应用潜力。

研究还发现，代谢网络拓扑结构变化在健康人群和患者之间以及在溃疡性结肠炎人群和克罗恩病人群之间遵循着不同的机制。

通过应用该模型得到真实数据，我们能够识别出几个中心代谢物及其交互网，这些代谢物在炎症性肠病的形成中起到了关键作用。邬荣领补充说。这一发现可以为提示我们如何利用代谢物来预测和预防疾病的风险，也为未来的药物设计和治疗方法提供了有力的指导。

在邬荣领看来，疾病等是一个复杂系统，通过建立合适的算法，我们可以寻找影响复杂系统的关键因素，对微观世界与宏观世界层面的复杂运行调控规律进行深入定量分析。

邬荣领介绍，该模型还具有广泛的应用潜力，模型就像一棵大树，数学是根，为模型提供了坚实的理论基础和计算工具，而每一个分支都可延展到不同的领域，每个枝条的叶子可以是代谢物、微生物，可以是基本粒子，可以是GDP，还可以是人际关系。未来，将进一步深入拓展模型，为理解、分析和预测复杂现象提供通用方法。

同时，统计团队会积极与代数拓扑及其应用团队、大数据与人工智能团队和数字经济团队以及更多团队进行学科交叉与学科互补，共同合作对相关问题进行进一步深入探讨，将该模型应用于各相对的领域，协同工作确保研究的全面性和深度，为前沿科学在各领域的应用提供解决方案。

从基础科学出发，探索最前沿的科学和技术。应用数学不仅仅是理论研究，还需要与实际问题和产业紧密结合，为社会提供解决方案，北京雁栖湖应用数学研究院提供了交叉合作的平台。北京雁栖湖应用数学研究院研究院院长、清华大学丘成桐数学科学中心主任丘成桐在接受采访时表示。

北京雁栖湖应用数学研究院由北京市人民政府支持，依托清华大学、中国科学院等数学学科优势资源单位，委托国际数学大师丘成桐先生牵头筹建的新型研发机构，并进行前沿科学研究。研究院计划进一步研究数学的核心理念，并将这些研究转化为实用的工具和技术。（来源：中国科学报 韩扬眉）

相关论文信息：<https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2308496120>

作者：邬荣领等 来源：《美国国家科学院院刊》

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

本文版权归作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://iikx.com)转发