

# 包含不同尺度子网络的模块化神经网络同步转换

黄卫芳<sup>1</sup>, 杨利建<sup>1</sup>, 詹璇<sup>1</sup>, 付子英<sup>2</sup>, 贾亚<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 华中师范大学物理科学与技术学院, 中国武汉市, 430079

<sup>2</sup> 华中师范大学生命科学学院, 中国武汉市, 430079

**摘要:** 时间延迟和耦合强度是影响神经网络同步的重要因素。本文利用霍奇金—赫胥黎(HH)神经元模型构建一个包含不同尺度子网络的模块化神经网络, 即小尺度随机网络通过化学突触与大尺度小世界网络单向连接。研究发现, 时间延迟在网络中诱发了多个同步转换。当时间延迟是单个神经元放电周期的整数倍时, 耦合强度增加也促进网络同步化。考虑到模块化网络中不同位置的时间延迟可能具有不同作用, 我们探讨子网络之间以及子网络内部的时间延迟对模块化网络同步的影响。我们发现, 当子网络内同步良好时, 两个子网络内部时间延迟增加会诱发其自身出现多个同步转换。此外, 小尺度网络的同步状态会影响大尺度网络的同步。进一步发现, 两个子网络之间的时间延迟诱导模块化网络的同步转换, 但对接收信号的子网络内的同步基本无影响。通过分析两个子网络之间的相位差, 我们发现模块化网络出现同步转换的机制是相位差的周期性变化。最后, 通过对不同尺度模块化网络的研究, 证明了本文结果的泛化性。

**关键词:** 霍奇金—赫胥黎神经元; 模块化神经网络; 子网络; 同步; 时间延迟

<https://doi.org/10.1631/FITEE.2300008>