

КВАНТОВОПОДОБНЫЙ АЛГОРИТМ ФЛОКЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ СЛОЖНЫХ СЕТЕЙ

Шукалов А. Д.¹, Захаренко П. В.¹

Научный руководитель – доктор физ-мат. наук, Алоджанц А. П.¹

¹Университет ИТМО

acetek.50@gmail.com

Работа выполнена в рамках темы НИР №625133 «Методы, модели и архитектуры интеллектуальных сервисов и приложений».

Введение

В современных социально-технических, физических, биологических системах сложные сети выступают важной моделью описания распределённых интеллектуальных систем, в которых глобальное поведение определяется спектральными характеристиками матриц смежности и связанных с ними операторов динамики. В связи с этим, одной из важных задач по изучению сетей является управление ими без изменения их топологии. Большинство традиционных подходов к изменению коллективного поведения основаны на структурных вмешательствах, таких как перестройка связей, удаление рёбер или изменение распределения степеней вершин [1]. Целью работы является разработка эвристического алгоритма по управлению коллективными свойствами сети без изменения её топологии (перестройки связей, удаления рёбер, и пр.).

Основная часть

В работе предложен квантовоподобный алгоритм Флоке для управления спектральными свойствами сложных сетей с фиксированной структурой. Подход основан на представлении матрицы смежности в виде эффективного гамильтониана распределённой интеллектуальной системы. Использование формализма Флоке-инженерии позволяет перейти к эффективному оператору динамики, в котором веса рёбер перенормируются в соответствии с функцией Бесселя нулевого порядка, зависящей от разности локальных параметров связности узлов. В основе такого подхода используется внешнее периодическое управление и Флоке-инженерию [2]. При этом структура графа полностью сохраняется, а усиление/подавление узлов происходит исключительно за счёт динамического изменения эффективных коэффициентов взаимодействия.

Предложенный механизм обеспечивает контролируемую модификацию спектра сети, включая сжатие спектральной плотности, подавление изолированных собственных значений и изменение локализации собственных состояний графа. Показано, что настройка параметров позволяет подавлять вклад узлов высокой степени связности (хабов), одновременно подавлять несколько доминирующих узлов, селективно усиливать выбранные узлы, а также формировать заданную кластерную структуру без изменения топологии сети. Аналогичные идеи использования сложных сетей в фотонных и вычислительных системах были продемонстрированы в работе по сетевым архитектурам для случайных лазеров и фотонных вычислений [3].

Выводы

Таким образом, разработанный алгоритм реализует спектральное управление посредством динамической перенормировки весов рёбер без топологического вмешательства. Подход может быть применён в интеллектуальных рекомендательных системах, фотонных вычислительных структурах и других распределённых сетевых

архитектурах, где спектр оператора взаимодействия определяет режимы коллективной динамики.

Литература

1. Boccaletti S., Latora V., Moreno Y., Chavez M., Hwang D. U. Complex networks: Structure and dynamics // *Physics Reports*. 2006. Vol. 424. P. 175–308. DOI: 10.1016/j.physrep.2005.10.009.
2. Bukov M., D'Alessio L., Polkovnikov A. Universal high-frequency behavior of periodically driven systems: from dynamical stabilization to Floquet engineering // *Advances in Physics*. 2015. Vol. 64. P. 139–226. DOI: 10.1080/00018732.2015.1055918.
3. Tsarev D. V., Zakharenko P. V., Alodjants A. P. Complex networks for random lasers and photonic computing // *Physical Review A*. 2025. Vol. 112. P. 033508. DOI: 10.1103/1mqj-61yh.