

СМЕНА ПАРАДИГМЫ В ПОХОДЕ К МОДЕЛИРОВАНИЮ МОЗГА

Мысин И. Е.

Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН,
Россия, 142290, г. Пущино, ул. Институтская, 3, +7 (4967) 73-26-48
Email; imysin@mail.ru

Современная нейронаука накопила большой объем данных о мозге. Однако обобщить объем современных данных в виде математических моделей не удалось. Большие проекты, такие как "Blue brain" или "Human brain project", не дали ожидаемых результатов, хотя значительно продвинули наше понимание мозга. Таким образом проблема построения моделей нейронных сетей, имитирующих работу мозга, является актуальной задачей.

Мы предлагаем решение задачи на основе объединения двух подходов. Первый подход - это популяционные модели. В такого типа моделях воспроизводится поведение не одного нейрона, а частота разрядов большой популяции нейронов. Наиболее известен популяционный подход на основе уравнения Фоккера-Планка. В нашей работе мы использовали метод моделирования распределения рефрактерной плотности (РПП) [1]. Второй подход — это метод сопряженного состояния [2]. Данный метод позволяет оценить градиент от решения системы дифференциальных уравнений, по параметрам симуляции. Оценка градиента в свою очередь дает две возможности. Во-первых, это позволяет оценивать чувствительность результатов симуляции по отношению к параметрам. Если модуль частной производной по некоторому параметру большой, то это означает высокую чувствительность к данному параметру. Во-вторых, оценка градиента позволяет использовать методы градиентного спуска для нахождения оптимальных параметров.

Мы применили наш подход к задаче моделирования фазовых отношений между тормозными нейронами поля СА1 гиппокампа при генерации тета-ритма. С помощью градиентного спуска мы нашли параметры сети тормозных нейронов наилучшим образом описывающие экспериментальные данные о фазовых отношениях разрядов нейронов и тета-ритма. Решение этой задачи показывает принципиальную применимость нашего подхода. Наш подход к построению моделей может быть масштабирован для применения к задачам с большим числом оптимизируемых переменных.

Работа поддержана грантом РФФ № 20-71-10109.

Литература

1. Chizhov A.V., Graham L.J. Population model of hippocampal pyramidal neurons, linking a refractory density approach to conductance-based neurons. // Phys. Rev. E Stat. Nonlin. Soft Matter Phys. 2007. Vol. 75, № 1 Pt 1. P. 011924.
2. Chen R.T.Q., Rubanova Y. Neural ordinary differential equations // Advances in neural Neural Information Processing Systems 31, 2018.