



Нелинейная динамика нейронных сетей в машинном обучении

к.ф.-м.н. **Олег Владимирович Масленников**

Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова РАН, Н. Новгород

Искусственные нейронные сети можно рассматривать как многомерные нелинейные динамические системы, структура фазового пространства которых формируется в процессе обучения. В отличие от традиционного анализа системы с заданными параметрами, машинное обучение решает обратную задачу и синтезирует динамику для реализации требуемой функции. В лекции рассматриваются механизмы вычислений в рекуррентных сетях через аттракторы и переходные траектории, непрерывные многообразия состояний, медленные моды памяти. Мы покажем, как архитектура и способ обучения влияют на динамические структуры, и предложим единый инструментальный анализа, включающий геометрию скрытых состояний, внутреннюю размерность и локальную устойчивость.

Ключевой элемент подхода состоит в переходе от корреляционного описания к проверке функциональной роли динамических структур через направленные вмешательства в скрытые состояния. Мы применим этот метод к системам разного масштаба и природы, от контролируемых моделей до современных архитектур. Основной тезис лекции заключается в том, что обучение формирует динамически селективное пространство состояний. Релевантные переменные задачи сохраняются, нерелевантные возмущения подавляются, а контекст управляет переключением между режимами вычисления.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 23-72-10088-П).

1. Масленников О.В., Пугавко М.М., Щапин Д.С., Некоркин В.И. Нелинейная динамика и машинное обучение рекуррентных спайковых нейронных сетей // Успехи физических наук. 2022. Т. 192, № 10. С. 1089–1109.
2. Maslennikov O.V. Topological and geometrical signatures of computation in rate, spiking, and oscillatory neural reservoirs // Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science. 2025. Vol. 35, № 12. P. 121106.
3. Maslennikov O.V. Geometry and efficiency of learned and reservoir recurrent dynamics in context-dependent integration–switching // Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science. 2026. Vol. 36, № 3. P. 033108.