

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Масленникова Олега Владимировича «Коллективная динамика и функциональные свойства обучаемых нелинейных сетей активных элементов», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.4 – радиофизика

Диссертационное исследование Олега Владимировича Масленникова посвящено одной из ключевых проблем современной радиофизики и нелинейной динамики – установлению связи между микроскопической динамикой элементов, архитектурой сети, процессом обучения и возникающими коллективными вычислительными свойствами. Актуальность этой темы не вызывает сомнений и обусловлена двумя взаимосвязанными обстоятельствами. С одной стороны, рекуррентные нейронные сети всё шире используются в качестве моделей для понимания принципов работы биологических нейронных систем (нейрокогнитивные исследования, анализ принятия решений, пространственной навигации). С другой стороны, существует насущная потребность в переходе от феноменологического описания («сеть решает задачу») к механистическому объяснению («сеть решает задачу посредством конкретных динамических структур»), что напрямую относится к задаче построения объяснимого искусственного интеллекта и нейроморфных вычислительных систем. Работа, выполненная на стыке радиофизики, теории колебаний, машинного обучения и нейронауки, безусловно, является актуальной и обладает высоким научным потенциалом.

Автореферат представляет собой логически стройный и хорошо структурированный документ, в котором отражены основные этапы многолетнего исследования. Работа обладает высоким уровнем научной новизны. Автором впервые:

Теоретически обоснован механизм возникновения хаотических бёрстовых колебаний в дискретных быстро-медленных системах, основанный на граничном кризисе хаотического аттрактора в быстрой подсистеме.

Показано, что архитектура «малого мира» обеспечивает максимальную целлокальную («бассейновую») устойчивость синхронизации в сетях хаотических осцилляторов, и введён формализм «гиперсети» для описания адаптивных сетей.

Обнаружен и исследован фундаментальный механизм вычислений в хаотических рекуррентных сетях, опирающийся на формирование управляемых непритягивающих переходных траекторий, детерминированно активируемых внешним стимулом.

Установлено, что парадигма обучения (с учителем vs с подкреплением) является определяющим фактором для качественной структуры фазового пространства: обучение с подкреплением, в отличие от обучения с учителем, способствует спонтанному возникновению гибридных аттракторных архитектур (сочетание неподвижных точек и квазипериодических аттракторов) и сбалансированных функциональных популяций.

Теоретическая и практическая значимость работы не вызывает сомнений. Теоретическая значимость заключается в развитии теории нелинейной динамики сложных адаптивных и обучаемых систем, установлении связей между методами машинного обучения и физическими механизмами формирования функциональных режимов. Практическая значимость связана с потенциальным применением полученных результатов при разработке новых нейроморфных вычислительных архитектур, алгоритмов и физических резервуаров для обработки информации. Разработанные подходы к анализу многомерной динамики обучаемых сетей представляют собой новый инструментарий для исследователей в области как искусственных, так и биологических нейронных сетей.

Содержание диссертации полностью соответствует паспорту специальности 1.3.4 – «радиофизика», в частности таким её областям, как «исследование нелинейных волновых процессов и колебаний в распределённых системах», «разработка новых методов нелинейной динамики и теории хаоса для анализа физических систем», «физическое и математическое моделирование динамических систем».

Достоверность и значимость полученных результатов подтверждаются их апробацией на более чем 30 ведущих российских и международных конференциях и, что особенно важно, высоким уровнем публикаций. По материалам диссертации опубликовано 32 работы в рецензируемых научных журналах, большая часть из которых в изданиях, относящихся к Q1 Scopus (включая такие авторитетные журналы, как Physical Review E, Chaos, Nonlinear Dynamics, Scientific Reports, Успехи физических наук). Это свидетельствует о высоком признании результатов научным сообществом.

Автореферат написан ясным, грамотным научным языком, хорошо структурирован. Приведённые аналитические выкладки органично сочетаются с результатами численного моделирования и натурных экспериментов на ПЛИС. Это подчеркивает глубину проработки темы.

У меня имеется лишь 3 небольших **замечания** стилистического характера:

1. Стр. 13 "...точки разрыва нелинейности, — определяющая..." лишнее тире.
2. На рис. 2 часть ребер орграфа окрашены красным, часть черным. Однако, ни в подрисуночной подписи, ни в тексте не поясняется, что обозначает такое изменение цвета.
3. В пределах обзора раздела 3.5 на стр. 22 автор использует для оценок ошибок различную точность представления результатов от 2 до 3 десятичных знаков. Желательно было бы сделать единообразно.

Таким образом, диссертационное исследование Масленникова Олега Владимировича является завершённой научно-квалификационной работой, вносит весомый вклад в развитие радиофизики и нелинейной динамики, соответствует всем требованиям пунктов 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (ред. от 18.03.2023), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора наук, а её автор, Масленников Олег Владимирович, безусловно, заслуживает присуждения ему учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.4 – радиофизика.

Я, Каравасев Анатолий Сергеевич, даю согласие на включение и дальнейшую обработку своих персональных данных при подготовке документов аттестационного дела соискателя учёной степени.

Заведующий кафедрой динамического моделирования и биомедицинской инженерии
ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»,
д.ф.-м.н., профессор

Адрес: 410012, г. Саратов, ул. Большая Казачья, 112А, VIII корпус СГУ, аудитория 111
Тел. +78452524689
E-mail: karavaevas@gmail.com

Подпись Каравасева Анатолия Сергеевича, профессора, доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, заведующего кафедрой динамического моделирования и биомедицинской инженерии ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» заверяю

Ученый секретарь
Учёного совета СГУ,
к.п.н.

