

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Борданова Ильи Алексеевича на тему «Модели и алгоритмы оценки функциональной корректности искусственных нейронных сетей на базе мемристоров», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки)

Диссертационная работа Борданова И.А. посвящена решению одной из ключевых проблем современной нейроморфной инженерии – проблеме низкой воспроизводимости параметров мемристивных устройств и ее влиянию на точность работы искусственных нейронных сетей. Несмотря на существенные успехи в демонстрации отдельных прототипов, переход мемристивных вычислителей в стадию промышленного производства сдерживается именно отсутствием адекватных инженерных методик, позволяющих на этапе проектирования гарантировать заданную функциональную корректность (ФК) изделия. В связи с этим тема диссертации, ориентированная на создание системы взаимосвязанных моделей, учитывающих зависимость между параметрами сигнала задания сопротивления мемристивного устройства и итоговой ФК искусственной нейронной сети на базе мемристоров, является актуальной.

В автореферате изложены методология, основные этапы исследования, полученные результаты и выводы. Теоретические положения подтверждены корректным применением методов системного анализа, теории планирования эксперимента, статистической обработки данных и компьютерного моделирования. **Достоверность** результатов обеспечена их экспериментальной проверкой на реальных кроссбар-массивах мемристоров 32×8 1T1R. Совпадением модельных и экспериментальных данных показано с доверительной вероятностью 95%.

Основные **научные результаты**, представленные в автореферате, свидетельствуют о значимости проведенного исследования:

1) Разработана новая модель и алгоритм моделирования зависимости сопротивления мемристивного устройства от параметров сигналов его задания, отличающиеся статистическим подходом к описанию погрешностей и позволяющие рассчитывать, как конечное сопротивление, так и его разброс.

2) Разработана новая модель и алгоритм моделирования зависимости веса синапса нейрона от сопротивления мемристивного устройства и схемы формирования веса, устанавливающие статистическую связь между физическими параметрами и информационными характеристиками сети.

3) Разработан оригинальный алгоритм оценки функциональной корректности ИНСМ, учитывающий дифференцированные погрешности весов, ограничения по максимально допустимым напряжениям и позволяющий прогнозировать долю правильных исходов с высокой точностью.

Результаты диссертационного исследования апробированы на научно-технических конференциях, в том числе международных. Основные положения диссертации опубликованы в **14 работах**, 4 из которых входят в перечень ВАК, 4 публикации индексируются в международных базах Scopus/Web of Science, получены **3 свидетельства** о государственной регистрации программ для ЭВМ.

К **недостаткам** работы можно отнести следующее:

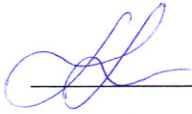
– в работе не представлены экспериментальные данные о долговременной стабильности резистивных состояний, используемых мемристоров, что затрудняет оценку применимости предложенных моделей для прогнозирования функциональной корректности ИНСМ на длительных интервалах эксплуатации.

– автором не приведено обоснование выбора количества параллельных опытов $M=1000$, использованного при построении моделей 1 и 2. Вследствие этого не вполне ясно, почему именно данное значение было принято в качестве рабочего и признано достаточным для получения устойчивых оценок параметров моделей во всех точках плана эксперимента.

Однако указанные замечания не снижают общей ценности работы. Судя по автореферату, диссертация Борданова И.А. является **завершенной научно-квалификационной работой**, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как решение научной задачи, имеющей существенное значение для развития нейроморфной электроники и систем искусственного интеллекта. Диссертация содержит новые научно-обоснованные технические решения и разработки, удовлетворяет всем необходимым требованиям ВАК (п. 9 - 14 Положения о присуждении учёных степеней), а сам автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Отзыв составил:

Старший научный сотрудник лаборатории 80
Киберфизических систем ИПУ РАН
кандидат технических наук

 Романова Мария Андреевна
«03» апреля 2026 г.

Полное наименование организации: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук
Адрес: 117997, ГСП-7, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 45
Тел: +7 495 198-17-20, эл. почта: dan@ipu.ru

ПОДПИСЬ

ЗАВЕРЯЮ

ВЕД. ИНЖЕНЕР

САДЖИЕВА Д.Д.

