

**ОТЗЫВ официального оппонента  
на диссертацию на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук  
Иванова Дмитрия Александровича  
на тему «Нейроморфные методы оптимизации систем искусственного  
интеллекта для задач обучения с подкреплением»  
по специальности 2.3.5 Математическое и программное обеспечение  
вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей**

**Актуальность работы**

Актуальность диссертационного исследования Д.А. Иванова обусловлена фундаментальным противоречием между растущими вычислительными потребностями систем искусственного интеллекта и ограничениями существующих аппаратных архитектур. В работе убедительно показано, что доминирующая фон-неймановская парадигма, с присущим ей разделением памяти и вычислений, формирует «бутылочное горлышко», которое критически ограничивает энергоэффективность и быстродействие систем ИИ. Эта проблема становится особенно острой в задачах обучения с подкреплением, для которых характерен инференс с размером пакета, равным единице, что приводит к экстремально низкой вычислительной интенсивности и делает операции доступа к памяти основным ограничивающим фактором.

В данном контексте обращение автора к нейроморфным методам, имитирующим принципы работы биологического мозга, представляется логичным и научно обоснованным направлением. Диссертация вносит вклад в формирование методологической базы для создания систем ИИ нового поколения, не только анализируя и систематизируя биологически правдоподобные вычислительные принципы, но и предлагая конкретные алгоритмы их адаптации для оптимизации нейронных сетей в RL-задачах. Таким образом, работа находится на переднем крае исследований, направленных на преодоление структурных ограничений современных систем искусственного интеллекта с фокусом на применение в задачах обучения с подкреплением.

## **Основное содержание работы**

В первой главе проведен комплексный анализ архитектурных ограничений современных систем искусственного интеллекта. Автор последовательно раскрывает взаимосвязь между низкой вычислительной интенсивностью алгоритмов обучения с подкреплением и «бутылочным горлышком» фон-неймановской архитектуры, что формирует убедительное обоснование для поиска альтернативных подходов.

Вторая глава служит теоретическим фундаментом работы, предлагая детальную классификацию вычислительных принципов мозга человека. Переход от биологических механизмов к их алгоритмическим абстракциям позволяет выявить ключевые концепции (импульсность, асинхронность, разреженность), пригодные для имплементации в системах ИИ.

Третья глава содержит основные научно-методические результаты диссертации. Автором разработаны и формализованы два оригинальных алгоритма оптимизации инференса, основанных на комбинации структурной разреженности с квантованием, а также структурной и временной разреженности. Представленные методы имеют четкое обоснование, опирающееся на выводы предыдущих глав, и сопровождаются строгим алгоритмическим описанием.

Четвертая глава посвящена экспериментальной верификации предложенных методов. Проведенное исследование на тестовых средах MuJoCo и Atari демонстрирует высокую эффективность подходов, выражающуюся в значительном сокращении размеров моделей и вычислительной нагрузки при сохранении качества их работы, что полностью подтверждает выполнение поставленных задач.

## **Научная новизна, обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Работа определенно обладает научной новизной. За счет применения нейроморфных подходов в задачах обучения с подкреплением применительно к классическим алгоритмам.

Основные результаты и положения изложены в 3 работах, опубликованных в изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ им. М.В. Ломоносова по специальности 2.3.5 Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей.

### **Замечания по диссертационной работе**

К тексту работы имеется ряд замечаний:

1. Кажется излишним акцент на SNN (нейроморфной архитектуре), так как в самой работе ничего на нее не отсылает.

2. Результаты оптимизации приведены с разбросом? Об этом нигде не указывается, а точность сети без оптимизации без разброса, что довольно странно.

3. В виде результата говорится о выигрыше при обращении к памяти после разрежения сети, но так как изначально веса хранятся в матричной форме, то для реализации разрежения должна быть изменена архитектура хранения, иначе мы просто будем подгружать разреженную матрицу. Хотелось бы пояснить данный момент.

4. В диссертации были упомянуты 2 гипотезы и на их основе были реализованы алгоритмы. Проводилась ли верификация гипотез хотя бы в рамках рассмотренных примеров? То есть верны ли они по итогу в рамках данных случаев или нет.

Вместе с тем, указанные замечания к диссертации не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 2.3.5 Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой

степени кандидата наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Иванов Дмитрий Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.3.5 Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук, доцент

Заведующий кафедрой информатики и вычислительной математики

ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»

Хохлов Николай Игоревич

---

11. 12.2025 г.

Контактные данные:

Тел.: +7 495 408-66-95, email: khokhlov.ni@mipt.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:

05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Адрес места работы:

141701, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский переулок, д.9

ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»

Тел.: +7 495 408-66-95, email: khokhlov.ni@mipt.ru

Подпись заведующего кафедрой в ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»

Хохлова Н.И. удостоверяю:

Кадровый работник Фамилия ИО

---

11.12. 2025 г.