

УТВЕРЖДАЮ

Директор

Федерального государственного учреждения
«Федеральный исследовательский центр
«Информатика и управление»
Российской академии наук», академик РАН
И.А. Соколов



«20» октября 2022 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Федерального государственного учреждения
«Федеральный исследовательский центр
«Информатика и управление»
Российской академии наук»**

Диссертация «Биполярная морфологическая аппроксимация нейрона для уменьшения вычислительной сложности глубоких сверточных нейронных сетей» выполнена в Федеральном государственном учреждении «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук» в отделе №92.

В период подготовки диссертации соискатель Лимонова Елена Евгеньевна работала в отделе №92 Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук» в должности математика с 2017 по 2022 гг., с 2022 г. – в должности научного сотрудника.

В 2017 г. Лимонова Е.Е. с отличием окончила Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)» по направлению подготовки 03.04.01 Прикладные математика и физика. С 2017 по 2021 гг. обучалась в очной аспирантуре Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук» по направлению подготовки 09.06.01. «Информатика и вычислительная техника» и сдала кандидатские экзамены по специальности 05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2022 г. Федеральным государственным учреждением «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук».

Научный руководитель – кандидат технических наук, Владимир Викторович Арлазаров, руководитель отдела №93 ИСА ФИЦ ИУ РАН.

По результатам рассмотрения диссертации «Биполярная морфологическая аппроксимация нейрона для уменьшения вычислительной сложности глубоких сверточных нейронных сетей» принято следующее заключение.

1. Аппроксимация нейросетевых моделей с целью повышения их вычислительной эффективности на различных вычислительных устройствах является актуальной областью науки.

2. Все результаты представленной диссертационной работы получены соискателем самостоятельно при научном руководстве кандидата технических наук Арлазарова В.В.

3. Проведенные исследования выполнены автором на высоком научном уровне. Научные положения и выводы диссертационной работы подтверждены строгими математическими доказательствами или проверены экспериментально и не вызывают сомнений.

4. Научная новизна диссертации заключается в следующем:

- предложена новая вычислительно эффективная аппроксимация математического нейрона на основе морфологических операций, позволяющая создавать глубокие нейросетевые модели;
- разработан новый метод послойного преобразования и дообучения для нейросетевых аппроксимаций произвольного вида, включая малобитные целые и биполярные морфологические, позволяющий повысить их качество;
- показано, что предложенный метод работает более эффективно, чем классические методы обучения с помощью градиентного спуска для биполярных морфологических нейросетевых моделей;
- аналитическими методами показано, что 3-слойная нейронная сеть из биполярных морфологических нейронов способна приблизить с заранее заданной точностью любую непрерывную на компакте функцию многих переменных;
- впервые выполнены оценки точности и вычислительной эффективности для моделей нейронных сетей семейств LeNet и ResNet на основе предложенного биполярного морфологического нейрона.

5. Практическая значимость результатов диссертационной работы подтверждается использованиями в промышленных комплексах, имеющих отношение к нейросетевому распознаванию изображений, а также применением при проектировании новых аппаратных ускорителей.

6. Достоверность результатов подтверждена экспериментальными исследованиями предложенных аппроксимаций и методов.

7. Основное содержание диссертации опубликовано автором достаточно полно в следующих работах:

1. Limonova, E. E. Fast and gate-efficient approximated activations for bipolar morphological neural networks / E. E. Limonova // Информационные технологии и вычислительные системы. — 2022. — № 2. — С. 3—10.

2. Bipolar Morphological Neural Networks: Gate-Efficient Architecture for Computer Vision / E. E. Limonova [и др.] // IEEE Access. — 2021. — Т. 9. — С. 97569—97581.
3. Limonova, E. E. Special aspects of matrix operation implementations for low-precision neural network model on the Elbrus platform / E. E. Limonova, M. I.-O. Neyman-Zade, V. L. Arlazarov // Bulletin of the South Ural State University, Series: Mathematical Modelling, Programming and Computer Software. — 2020. — Т. 13, № 1. — С. 118—128.
4. Оценка быстродействия системы распознавания на VLIW архитектуре на примере платформы Эльбрус / Е. Е. Лимонова [и др.] // Программирование. — 2019. — № 1. — С. 15—21.
5. Performance Evaluation of a Recognition System on the VLIW Architecture by the Example of the Elbrus Platform / E. E. Limonova [и др.] // Programming and Computer Software. — 2019. — Т. 45, № 1. — С. 12—17.
6. ResNet-like Architecture with Low Hardware Requirements / E. E. Limonova [и др.] // ICPR 2020. — IEEE, 2021. — С. 6204—6211.
7. Bipolar morphological neural networks: convolution without multiplication / E. Limonova [и др.] // ICMV 2019. Т. 11433. — SPIE, 2020. — С. 1—8.
8. Limonova, E. Bipolar Morphological U-Net for Document Binarization / E. Limonova, D. Nikolaev, V. V. Arlazarov // ICMV 2020. Т. 11605. — SPIE, 2021. — С. 1—9.
9. Fast Integer Approximations In Convolutional Neural Networks Using Layer-By-Layer Training / D. Ilin [и др.] // ICMV 2016. Т. 10341. — SPIE, 2017. — С. 1—5.
10. Николаев, Д. Ускорение нейросетевого распознавания образов на SIMD архитектурах / Д. Николаев, Е. Лимонова, Д. Ильин // ИТиС 2015. — 2015. — С. 472—483.
11. Tsoy, M. O. Hardware Implementation of Classical and Bipolar Morphological Models for Convolutional Neural Network / M. O. Tsoy, D. M. Alfonso, E. E. Limonova // En&T-2021. — 2022. — С. 1—5.

Диссертация «Биполярная морфологическая аппроксимация нейрона для уменьшения вычислительной сложности глубоких сверточных нейронных сетей» Лимоновой Елены Евгеньевны по специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ представляет собой самостоятельно выполненную автором научно-квалификационную работу, результаты которой имеют важное теоретическое и практическое значение. Она полностью соответствует критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявленным к кандидатским диссертациям, и рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук в диссертационном совете 24.1.224.01 при Федеральном государственном учреждении «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук».

Заключение принято единогласно на заседании семинара отделения №9 ИСА ФИЦ ИУ РАН. Присутствовало на заседании 12 человек. Результаты голосования: «за» – 12 чел., «против» – нет, «воздержались» – нет, протокол №1 от 20 октября 2022 года.

Рук. семинара

г.н.с., отдел №92

д-р техн. наук

О. А. Славин

20 октября 2022 г.

Подпись Славин О. А. заверяю:

Начальник отдела кадров

Петрова И. А.

20 10 2022 г.

