

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Теплова Георгия Сергеевича «Разработка модели искусственного нейрона с динамической функцией активации на базе мемристивных компонентов», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.27.01 – твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах.

Исследовательская работа, представленная в автореферате Теплова Георгия Сергеевича, посвящена вопросам аппаратной реализации искусственных нейронных сетей и искусственных нейронов средствами современной компонентной базы.

Несмотря на значительное количество существующих моделей аппаратной реализации искусственного нейрона, задача построения модели искусственного нейрона остается актуальной. Одним из факторов, приводящих к актуальности, выступает, ввиду постоянного устойчивого развития уже существующей электронной компонентной базы, снижение минимальных топологических норм, позволяющее применять в структуре нейрона все большее количество элементов и как следствие расширять его функциональные возможности и улучшать технические показатели. Вторым немаловажным фактором, влияющим на актуальность задачи построения модели искусственного нейрона, выступает расширение номенклатуры современной электронной компонентной базы, позволяющее пересмотреть существующие модели с учетом применения в структурной схеме нейрона новых элементов. Прежде всего, расширение номенклатуры вызвано появлением и опытно-конструкторскими разработками прототипов энергонезависимой памяти. Например, разработки ячеек STT-MRAM, PCM, FeRAM и ReRAM, применение которых в структурной схеме искусственного нейрона снизит энергопотребление и используемую на кристалле площадь. Указанные факторы вновь актуализировали задачу построения структурной схемы нейрона с учетом достигнутого уровня научного и технического прогресса, на решение которой и направлено исследование Теплова Г.С.

Наиболее интересным положением научной новизны является предлагаемая в диссертации модель математического автомата абстрактного нейрона. Положительной стороной подхода к построению модели является использование теории конечных автоматов для описания искусственного нейрона, позволившее получить зависимости между различными множествами, которые используются при описании нейрона. Автору диссертации удалось осуществить математическое описание модели нейрона с динамически изменяющейся функцией активации, чего ранее, несмотря на значительное количество существующих моделей искусственных нейронов, не было осуществлено. Предлагаемая автором концепция смены функции активации нейрона в процессе обучения или работы нейронной сети является расширением существующей области исследований, которая направлена на изучение алгоритмов функционирования сетей. Применение динамической

функции активации в процессе работы в перспективе повысит эффективность использования ресурсов нейросетевых систем за счет уменьшения количества вычисляющих элементов или снижения времени на перепрограммирование существующих элементов. Изменение функции активации в процессе обучения позволяет поднять вопрос о построении алгоритма обучения, производящего оптимизацию нейронной сети путем динамического подбора наиболее релевантной функции активации в процессе своей работы.

Несмотря на положительные стороны исследования и хорошее изложение материала, присутствует некоторое количество недостатков. Например, предлагаемый метод реализации учета активности на входах искусственного нейрона в процессе его активации, описанный в рамках алгоритма работы схемы и представленный на структурных схемах, тем не менее, не сопровождается временными диаграммами, что ухудшает описание процесса его функционирования.

Указанный недостаток, однако, не влияет на высокую теоретическую и практическую значимость выполненной исследовательской работы. Надлежащее качество автореферата позволяет высоко оценить диссертацию Теплова Г.С., отвечающую всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.27.01 – твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах.

Заведующий Отделом методологии проектирования интегральных схем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем проектирования в микроэлектронике Российской академии наук, к. т. н.



Подпись Тельпухова Д.В. заверяю:  
Начальник отдела кадров

Тельпухов Дмитрий Владимирович

Горская З.А.