

Данилин С.Н., Щаников С.А., Борданов И.А., А.Д. Зуев  
*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»*  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
E-mail: dsn-55@mail.ru

### **Основные направления повышения отказоустойчивости и надежности искусственных нейронных сетей на базе мемристоров**

Актуальность обеспечения необходимой точности функционирования искусственных нейронных сетей (ИНС) при обеспечении высокой отказоустойчивости и надежности показана в ряде работ Галушкина А.И., в частности в монографии [1]. Автор назвал ряд причин, по которым решение этой проблемы является сложным.

В обзорно аналитических работах [2-4], посвященных проблеме обеспечения высокой отказоустойчивости (ОУ) и надежности (Н) ИНС рассмотрены, обобщены, поставлены и решены многие задачи в этой области.

Показано, что работы в области ОУ и Н ИНС проводятся длительное время учеными, теоретиками и практиками. Проблема является сложной, многогранной, с возрастающей размерностью при масштабировании вычислительных структур, и поэтому решается медленно и фрагментарно, требуя применения дополнительных информационных физических, финансовых ресурсов при решении различных типов вычислительных задач.

Главной характеристикой ИНС, как преобразователей информации, является точность функционирования. Другой важной характеристикой ИНСМ является их надежность. Среди характеристик надежности особое место занимает ОУ, так как на основании численных значений ОУ можно построить схему надежности технического устройства и рассчитать основные показатели надежности по стандарту [5].

Такая простая, но эффективная технология, стала возможной после разработки авторами доклада количественной меры ОУ [6].

В работе [3], на большом числе примеров показано, что работы в области повышения ОУ идут в 4-х направлениях:

- а) внесение физической или информационной избыточности;
- б) внесение физической или информационной автокомпенсации паразитных факторов или результатов их воздействия;
- в) применение алгоритмов отказоустойчивого обучения;
- г) оптимизация параметров качества по имеющимся ограничениям на проектирование.

Наибольшую результативность удается достигнуть, применяя ОУ обучение, методы которого условно разделяют на 10 подтипов, применяемыми для разных структур ИНС и решаемых ими задач.

В работе [4], глубоко исследованы методы, основанные на снижении чувствительности параметров качества функционирования ИНС к вариациям весов, стабильности функций активации и уровню мультипликативных шумов. Применение этих методов для обеспечения высокой ОУ и Н в ИНС на базе мемристоров (ИНСМ) требует дополнительной проверки в связи с результатами, ранее проведенными авторами доклада работ [7-8]. В данных работах экспериментально установлена непредсказуемая нелинейность функций чувствительности ИНС с произвольной базой реализации в зависимости от значений вариаций весов нейронов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №19-07-01215.

### **Литература**

1. Галушкин А. И. Нейронные сети: основы теории / А. И. Галушкин. Москва: Горячая линия-Телеком, 2013. 496 с
2. A Survey of Neuromorphic Computing and Neural Networks in Hardware [Электронный ресурс] / C. D. Schuman, T. E. Potok, R. M. Patton, J. D. Birdwell, M. E. Dean, G. S. Rose, J. S.

Plank // Proceedings of CoRR journal. URL: <https://arxiv.org/pdf/1705.06963.pdf> (Дата обращения: 24.08.2019).

3. Torres-Huitzil C., Girau B. Fault and error tolerance in neural networks: A review. // IEEE Access. 2017. V. 5. P. 17322-17341.

4. Yeung D. S., Cloete I., Shi D., Ng W. W. Y. Sensitivity Analysis for Neural Networks. Heidelberg: Springer, 2010. P. 89.

5. ГОСТ Р 27.301–2011. Надежность в технике. Управление надежностью. Техника анализа безотказности. Основные положения. Москва: Стандартинформ, 2013. 19 с.

6. Данилин С. Н., Пантелеев С.В. Алгоритм контроля отказоустойчивости нейронных сетей. // Информационные технологии. №1, 2013 С. 67 – 70. ISSN 1684-6400 .

7. Щаников, С.А. Алгоритм определения коэффициентов влияния погрешностей элементов нейронов на показатели качества работы устройств с нейросетевой архитектурой / С.А. Щаников, С.Н. Данилин, М.В. Макаров // Методы и устройства передачи и обработки информации. – 2011. – №13. – С. 114–118.

8. Щаников, С.А. Исследование коэффициентов влияния погрешностей элементов нейронов на показатели точности (качества) работы устройств с нейросетевой архитектурой [Электронный ресурс] / С.А. Щаников, С.Н. Данилин, М.В. Макаров // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. – 2011. – №2(17). – Режим доступа: <http://amisod.ru/images/mediacontent/2011/2/amisod-2011-2-17-danilin-makarov-schyanikov.pdf>.