

Щаников С.А., Королев Л.Я., Данилин С.Н.
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: seach@inbox.ru

Исследование и моделирование синаптической пластичности мемристивных устройств при подаче спайковых сигналов

Теория искусственных нейронных сетей (ИНС) на протяжении всей истории ее развития вдохновлялась результатами исследований принципов функционирования биологических нейронных сетей (БНС) [1]. Информация внутри БНС передается по сети нейронов, которые обладают некоторым потенциалом активации [2]. Сигнал, называемый спайк (от англ. “spike” – шип), передается от одного нейрона к другому с помощью аксона и характеризуется частотой, длительностью и амплитудой. Контакты между нейронами образуются в строго определенных точках, называемых синапсами. В настоящее время считается [2], что феномены памяти и обучения у живых организмов возникают за счет механизмов синаптической пластичности, заключающейся в возможности изменения силы синапса и соответственно изменении параметров передаваемых сигналов. Существование синаптической пластичности приводит к тому, что нервная система может самостоятельно настраивать отдельные группы нейронов на выполнение различных функций.

Мемристивные устройства способны изменять свое сопротивление под действием электрического поля и протекавшего через него заряда, а также сохранять его длительное время [3]. Изменение сопротивления происходит в границах минимально и максимально возможных сопротивлений, называемых СНС (состояние низкого сопротивления) и СВС (состояние высокого сопротивления). Кривая, описывающая характеристику перехода мемристивного устройства из одного состояния в другое под воздействием импульсов напряжения с разной формой, амплитудой и частотой, по своему виду схожа с экспериментальными измерениями синаптической пластичности в БНС [4]. Поэтому мемристивные устройства являются наиболее биоподобными искусственными аналогами синапсов нейронов живых систем и в перспективе позволят реализовать нейроморфные архитектуры нейронных сетей.

В докладе приведен обзор и анализ современных результатов в области исследования и моделирования синаптической пластичности мемристивных устройств при подаче спайковых сигналов. Авторами разработаны собственные компьютерные модели синаптической пластичности мемристивных устройств, которые можно использовать в процессе проведения численных экспериментов, а также для создания моделей спайковых нейронных сетей. Разработанные программные средства являются частью программного комплекса «МемриСим» для имитационного моделирования ИНС на базе мемристоров.

Работа выполнена при поддержке стипендии Президента РФ СП-5411.2021.5.

Литература

1. Галушкин А.И. Нейронные сети: основы теории / А.И. Галушкин. Москва: Горячая линия-Телеком, 2013. 496 с.
2. От нейрона к мозгу / Пер. с англ. П. М. Балабана, А.В.Галкина, Р. А. Гиниатуллина, Р.Н.Хазипова, Л.С.Хируга. — М.: Едиториал УРСС, 2003 – 672 с.
3. Chua L.O. // IEEE Trans. Circuit Theory. 1971. V. 18. № 5. P. 507.
4. Surazhevsky I. A. et al. Noise-assisted persistence and recovery of memory state in a memristive spiking neuromorphic network //Chaos, solitons & fractals. – 2021. – Т. 146. – С. 110890.
5. Борданов И. А., Данилин С. Н., Щаников С. А. Программный комплекс «МемриСим» для имитационного моделирования искусственных нейронных сетей на базе мемристоров // Информационные системы и технологии ИСТ-2021, 2021. С. 77-84.