

ОТЗЫВ

Официального оппонента Потапова Алексея Сергеевича на диссертацию Бахшиева Александра Валерьевича «Нейроморфные системы управления на основе модели импульсного нейрона со структурной адаптацией», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации.

На сегодняшний день чрезвычайно велик интерес к интеллектуальным системам управления и обработки информации. Системы автономного управления сложными объектами (управление движением автомобиля, современные мобильные роботы и т.п.) находят применение во множестве сфер жизни общества. В тоже время, многие задачи данной области далеки от окончательного решения, как и в других областях искусственного интеллекта. Одним из эффективных и широко применяющихся подходов в этой области последнее десятилетие является подход на основе искусственных нейронных сетей. Развитие этого подхода, чему и посвящена диссертация Бахшиева А.В., является **актуальным**. В диссертации рассматриваются задачи синтеза новых нейроморфных систем управления и обработки информации, в которых помимо параметрической может обеспечиваться и структурная настройка топологии нейронных сетей.

Тема диссертационного исследования соответствует перечисленным ниже пунктам паспорта специальности 05.13.01:

4. «Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации».

5. «Разработка специального математического и программного обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации».

Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы. Общий объем работы составляет 176 страниц машинописного текста, иллюстрированного 100 рисунками и 7 таблицами. **Во введении** показывается актуальность темы и формулируются задачи диссертационного исследования. **В первой главе** проводится анализ существующих нейроморфных систем и их функциональных элементов, формулируются существующие проблемы. **Во второй главе** предлагается

модель нейрона как элемента нейроморфной системы. Предложено математическое описание функциональных элементов нейрона, методы их организации в структуру, обеспечивающую декомпозицию обобщения входных сигналов нейроном на отдельные структурные группы, соответствующие группам входных сигналов различного функционального назначения. Предлагается метод структурной настройки модели. Рассмотрена адаптация правила Хебба для настройки нейронов в составе сети с учетом особенностей предложенной модели нейрона. **В третьей главе** предложена топология многоуровневой нейроморфной системы на примере решения задач управления движением. В основу системы положены известные биологические нейронные структуры, в частности, уровня управления мышечным сокращением, а также некоторые принципы формирования обрабатывающих и управляющих контуров в нервной системе (в частности, кольцевые системы с отрицательной и положительной обратной связью). Предложены алгоритмы настройки уровней такой системы. **В четвертой главе** описано разработанное специальное программное обеспечение, особенностью которого является возможность динамической настройки структуры исследуемого алгоритма, что дает возможность моделировать и исследовать работу нейронных сетей со структурной адаптацией. **В заключении** показаны основные результаты диссертационного исследования.

Научной новизной обладают следующие результаты диссертации:

- 1) Модель нейрона как элемента нейроморфной системы, позволяющая изменять структуру обобщающих и связывающих элементов и отражать в ней пространственные и временные особенности обобщения сигналов различного функционального назначения.
- 2) Разработана архитектура нейроморфных систем с возможностью изменения во время функционирования количества входных и выходных сенсорных каналов, а также обобщающих слоев.
- 3) Предложены алгоритмы структурной настройки нейроморфных систем.

К достоинствам работы можно отнести исчерпывающее описание предложенных моделей и значительный объем проведенных экспериментов.

По материалам диссертации соискателем опубликовано 12 научных работ, в числе которых 5 в журналах из перечня ВАК, 2 – в изданиях, индексируемых Web of science/Scopus. Результаты, приведенные в диссертации, достаточно полно отражены в перечисленных публикациях и апробированы на 8 международных и всероссийских конференциях. Автореферат в целом соответствует содержанию диссертации.

Можно выделить следующие замечания и недостатки.

- В первой главе при обсуждении недостатков сетей глубокого обучения отсутствуют ссылки на конкретные работы, из-за чего не вполне понятно, осведомлен ли автор, в частности, об успехах глубокого обучения с подкреплением, а также о генеративных глубоких сетях и сетях с внешней памятью, и относится ли его критика к ним тоже, или же автор пишет лишь о базовых моделях глубокого обучения, не учитывая последние достижения в этом направлении.
- В работе помимо методов структурной настройки также предложена адаптация правила Хебба для обучения нейронных сетей, однако в дальнейшем этот метод не используется в экспериментальной части.
- Описание программной реализации, хотя и представляет интерес, является излишне детальным (особенно с учетом немалого объема текста диссертации) для диссертационной работы, так как имеет большее отношение к решению инженерных, а не научных задач.
- В обосновании актуальности указывается на недостаток существующих методов управления на основе искусственных нейронных сетей, однако в экспериментальной проверке отсутствует сравнение разработанной системы с другими решениями. К примеру, задача удержания звена в заданном положении или управления маятника на подвижном основании вполне может быть решена методами (глубокого) обучения с подкреплением. В этой связи остаются не вполне ясными и обоснованными практические преимущества предложенного подхода.
- Присутствует ряд грамматических ошибок, в особенности, большое число лишних и пропущенных запятых, например, в предложении «Искусственные нейронные сети являются одним из общих подходов, в решении такого класса задач» имеется лишняя запятая, тогда как в предложении «Нейрон осуществляет и

пространственную и временную суммацию сигналов» запятая пропущена. И т.д.

- Присутствуют незначительные недостатки в оформлении работы, особенно при выборе размера и стиля шрифтов для переменных в формулах.

По содержательной же части работы существенных замечаний нет, а высказанные замечания в целом не снижают значимости полученных результатов и не влияют на принципиальную оценку представленной работы.

Диссертация Бахшиева А.В. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему. Научная новизна полученных результатов, их аргументированность, а также теоретическая и практическая значимость и полнота опубликования позволяют считать, что диссертационная работа «Нейроморфные системы управления на основе модели импульсного нейрона со структурной адаптацией» отвечает требованиям, установленным п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям., а её автор Бахшиев Александр Валерьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в технических системах).

Доктор технических наук,

профессор кафедры компьютерной
фотоники и видеоинформатики.

Федеральное государственное автономное

образовательное учреждение высшего образования

«Санкт-Петербургский национальный исследовательский
университет информационных технологий, механики и оптики»,

Россия, 197101, г. Санкт-Петербург, пр. Кронверкский, 49.

Телефон: +7-(812)-232-97-04

Эл.почта: nas.aicv@gmail.com