

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию
Бахшиева Александра Валерьевича
на тему «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 (технические системы)

Актуальность работы обусловлена необходимостью совершенствования методов управления сложными техническими системами в условиях ужесточения требований к показателям качества, отсутствием априорной информации о структуре и параметрах моделей объектов, а также необходимостью повышения отказоустойчивости.

Существующие методы теории автоматического управления в ряде случаев не позволяют обеспечить в системе достаточный набор свойств, указанных выше. В этой связи разрабатываемые в диссертационной работе Бахшиева Александра Валерьевича новые элементы и структуры в рамках перспективного направления синтеза нейроморфных систем управления могут обеспечить решение указанной проблемы.

Общая характеристика диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения, список литературы содержит 93 наименования, общий объем диссертации 176 машинописных страниц и содержит 7 таблиц и 100 рисунков.

Во введении формулируется актуальность и отражается степень проработанности темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования.

В первой главе проводится анализ состояния проблемы в части синтеза нейроморфных систем управления. Указывается на проблему обобщения решений, получаемых в частных задачах с помощью нейронных сетей, а также формулируется гипотеза о ее причине – отсутствии перестройки структуры системы во время функционирования. В главе предлагается функциональная схема нейроморфной системы и определяются задачи, которые необходимо решить для ее реализации.

Также проводится сравнение биологических нейронных структур и их искусственных аналогов с точки зрения возможности обучения в процессе функционирования системы, структурной организации и присутствию эффектов влияния пространственной и временной составляющей нейрона на

результат обработки входных стимулов. В конце главы формулируются требования к новой модели нейрона и список задач для ее создания.

Во второй главе предложена новая модель нейрона, используемого далее при построении нейроморфных систем управления. Основной особенностью новой модели нейрона является гибкость структуры в части возможности задания ветвления дендритов, моделирования взаимодействия как дендрит-сома, так и дендрит-дендритных связей, учете пространственной организации, возможности импульсного кодирования информации. В качестве примеров приводится процесс синтеза моделей синапса с описанием ионного механизма мембраны и ряд синтетических тестовых моделей, воспроизводящих некоторые этапы обработки информации, имитирующие функционирование биологических нейронов.

Третья глава посвящена разработке функциональных структур алгоритмов нейроморфных систем управления. Предложена многоконтурная нейросетевая система управления с подчинением уровней, включающая как минимум уровни позиционирования, управления движением и регулирования. Рассмотренная функциональная схема допускает расширение контуров верхнего уровня для обеспечения большего абстрагирования задач. Подробно исследована нейроморфная система с алгоритмом структурной адаптации нейронного регулятора.

Четвертая глава посвящена примеру программной реализации нейроморфных систем на базе новой модели нейрона. Раскрыта структура специализированного программного обеспечения, показана модульность и гибкость при моделировании нейронов в составе нейронных сетей со структурной адаптацией.

В пятой главе представлены методика экспериментального исследования предложенной модели нейрона и нейроморфной системы управления на ее основе с использованием разработанных в четвертой главе средств компьютерного моделирования. Результаты компьютерных экспериментов показывают, что предложенная в диссертации модель нейрона и нейроморфная структура на её основе обладают потенциальной способностью к решению практических задач автоматического управления динамическими объектами.

В заключении сформулированы основные результаты диссертации.

В процессе выполнения исследования были получены **новые научные результаты**:

1. Предложена новая модель нейрона, отличительной чертой которой является гибкость структуры при моделировании пространственной организации - возможность описания ветвления дендритов, дендрит-сома и

дендрит-дендритных взаимодействий, что в совокупности дает возможность построения систем со структурной адаптацией.

2. Предложены структуры и алгоритмы нейроморфных систем управления на основе новой модели нейрона, включающей как пространственное, так и временное накопление входных сигналов.

3. Предложена обобщенная иерархическая нейросетевая система управления, позволяющая динамически изменять число входных и выходных данных.

Теоретическая значимость полученных результатов заключается в создании новой модели искусственного нейрона, воспроизводящей совокупность свойств, таких как дендритно-дендритное взаимодействие, временное накопление сигналов, адаптивное изменение состава входов и выходов прямо в процессе функционирования.

Практическая ценность выполненной работы состоит в создании специализированного программного средства моделирования нейронов и нейронных сетей со структурной адаптацией.

Все полученные результаты являются новыми и в достаточной степени обоснованными. Их достоверность обеспечивается анализом существующих работ в данной области, согласованностью теоретических выводов и результатов экспериментальной проверки, а также подтверждается применением разработанных моделей и программных средств при компьютерном моделировании.

Апробация основных теоретических положений диссертации выполнена на 8 международных научных конференциях. По материалам диссертации опубликовано 12 печатных работ, включая 5 публикаций в научных журналах, рекомендованных ВАК, и 2 публикации в изданиях, индексируемых в WoS/Scopus.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Замечания по содержанию и оформлению диссертации.

1) Автор не всегда обоснованно использует по тексту свойство адаптивности. Например, на стр. 62-63 под адаптивностью понимаются рекомендации по структурному и параметрическому синтезу нейросетевых систем, а на стр. 134 адаптивность - это суммирование нейроном входных сигналов во времени.

2) В тексте диссертации отсутствует детальная информация о моделях объектов управления и их параметрах, используемых в численных экспериментах (пятая глава). Например, интересует инерционность рассмотренных объектов и область физических ограничений. Наличие подобной информации позволило бы провести сравнение достигнутых

показателей качества управления с известными в литературе результатами для рассмотренных задач.

3) Указанное в тексте диссертации (стр.158) преимущество предложенного нейросетевого регулятора в части применимости для управления широким классом динамических объектов без изменения структуры и параметров вызывает сомнение, так как не показан механизм обеспечения *оптимальных* показателей качества управления, что является типовым требованием в технических задачах.

4) На странице 4 указывается на недостаточную пластичность традиционных нейронных сетей с моделями формальных нейронов, что не позволяет обеспечивать восстановление функций систем после отказов и деградации элементов. Данное утверждение поднимает вопрос, корректно ли рассматривать пластичность модели нейрона отдельно от механизма его адаптации? Например, существует класс синергетических нейронных сетей, где построенные на основе формальных моделей нейронов элементы обучаются в реальном времени с помощью алгоритма, использующего целевые показатели качества функционирования системы. Подобные системы обладают способностью к перестройке весовых коэффициентов в ответ на отказы в элементах системы управления.

5) В диссертации на стр. 159 указывается на эффективность применения предложенной архитектуры для решения задач управления. Это утверждение требует уточнения, так как класс задач и критерии эффективности не были сформулированы.

6) При чтении диссертации на стр. 139, таблица 5.3 может сложиться ошибочное впечатление, что автор впервые предложил модели технических нейронов, обладающих возможностью описания импульсных сигналов в сети. В действительности можно указать, например, на обзорную статью 2001 года (Martin Schfer и др. "Simulation of spiking neural networks - architectures and implementation"), в которой представлены варианты построения нейросетевых систем классификации с импульсным кодированием обрабатываемой информации.

Указанные замечания не снижают научный уровень диссертации, выполненной на высоком уровне.

Заключение. Таким образом, диссертация Бахшиева Александра Валерьевича на соискание ученой степени кандидата технических наук является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение важной задачи разработки моделей элементов, архитектур и алгоритмов нейроморфных систем управления, обеспечивающих возможность изменения структуры связей элементов систем. Решение этой задачи имеет

существенное значение для развития систем управления с возможностью адаптации к изменяющимся условиям во время своего функционирования.

Работа Бахшиева Александра Валерьевича отвечает требованиям, установленным п.9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 No 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (технические системы)».

Официальный оппонент

к.т.н., старший программист,
Филиал ООО «Люксофт Профешнл»
в городе Санкт-Петербург



Никонов А.Н.

195027, г. Санкт-Петербург,
Свердловская наб., д. 44, лит. Я
+7 (911) 95 44 204
e-mail: ant.nik.nik@mail.ru

 Подпись Никонова А.Н. заверяю

05.05.2017