

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.392.06, СОЗДАННОГО НА
БАЗЕ ФГБОУ ВО «САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО», ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело N _____

решение диссертационного совета от 06.12.2021 № 42/21

О присуждении Лобову Сергею Анатольевичу, гражданину РФ, ученой
доктора физико-математических наук.

Диссертация «Спайковые модели динамики и обучения локальных сетей
нейронов мозга» по специальности 1.5.2. – Биофизика принята к защите 07 июля
2021 года (протокол заседания № 29/21) диссертационным советом 24.2.392.06,
созданным на базе ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский
государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» 410012, г. Саратов, ул.
Астраханская, 83. Совет 24.2.392.06 создан приказом Минобрнауки России №
362/нк от 19.03.2020 г.

Соискатель Лобов Сергей Анатольевич, 19.11.1974 года рождения,
диссертацию на соискание ученой степени кандидата биологических наук «Анализ
роли биоэлектрических реакций в осуществлении рецепторно-эффекторной связи
у высшего растения на примере *Cucurbita pepo* L.» защитил в 2003 году в
диссертационном совете, созданном на базе ФГАОУ ВО «Национальный
исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И.
Лобачевского».

Соискатель работает доцентом кафедры нейротехнологий ФГАОУ ВО
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского».

Диссертация выполнена на кафедре нейротехнологий Института биологии и
биомедицины ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский
государственный университет им. Н.И. Лобачевского». Научный консультант –
доктор физико-математических наук, доцент, Казанцев Виктор Борисович,
заведующий кафедрой нейротехнологий Института биологии и биомедицины
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского».

Официальные оппоненты:

1. Дунин-Барковский Виталий Львович, доктор физико-математических наук
(специальность 03.00.02 – Биофизика), профессор, главный научный сотрудник,
руководитель Отдела нейроинформатики Центра оптико-нейронных технологий,
НИИ системных исследований РАН, г. Москва;

2. Казанович Яков Борисович, доктор физико-математических наук (специальность 03.01.02 – Биофизика, ведущий научный сотрудник, и.о. заведующего Лабораторией нейронных сетей, Институт математических проблем биологии РАН - филиал Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук» (ИМПБ РАН – филиал ИПМ им. М.В. Келдыша РАН), г. Пущино;

3. Постников Евгений Борисович, доктор физико-математических наук (специальность 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), доцент, профессор кафедры физики и нанотехнологий, заведующий отделом теоретической физики научно-исследовательского центра физики конденсированного состояния, ФГБОУ ВО «Курский государственный университет», г. Курск

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии Российской академии наук (ИВНД и НФ РАН) в своем положительном отзыве, подписанном Никитиным Евгением Сергеевичем, доктором биологических наук, ведущим научным сотрудником лаборатории клеточной нейробиологии обучения, указала, что диссертация Лобова Сергея Анатольевича удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор Лобов Сергей Анатольевич заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.5.2. – Биофизика.

Соискатель имеет 29 работ по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях, установленных Министерством образования и науки РФ для публикации результатов диссертационных исследований. Наиболее значимые публикации автора, сгруппированные по исследуемым темам:

1. **Lobov, S., Simonov, A., Kastalskiy, I., and Kazantsev, V. (2016).** Network response synchronization enhanced by synaptic plasticity. *Eur. Phys. J. Spec. Top.* 225, 29–39. Объем – 11 стр.

2. **Lobov, S. A., Zhuravlev, M. O., Makarov, V. A., and Kazantsev, V. B. (2017).** Noise Enhanced Signaling in STDP Driven Spiking-Neuron Network. *Math. Model. Nat. Phenom.* 12, 109–124. Объем – 16 стр.

Автором предлагается биофизическая спайковая модель нейронной сети с STDP-пластичностью. В модели продемонстрирован эффект структурно-функциональных перестроек под действием периодической внешней стимуляции. С помощью новых методов отображения структурно-функционального состояния нейронной сети показано, что сетевая синхронизация опосредуется усилением связей, направленных от места стимуляции нейронной сети, а также перераспределением ведущих нейронов-хабов. Показано, что эффекты STDP-

опосредованной сетевой синхронизации зависят от уровня нейронного шума, проявляя свойства стохастического резонанса.

3. Бажанова, М. В., Крылова, Н. П., Казанцев, В. Б., Храмов, А. Е., **Лобов, С. А.** (2020). Синхронизация в сети импульсных нейронных генераторов с пластичными связями. Изв. вузов. Радиофизика. 63, 330–343. Объем – 14 стр.

4. Бажанова, М. В., Гордлеева, С. Ю., Казанцев, В. Б., Храмов, А. Е., **Лобов, С. А.** (2021). Управление сетевыми пачечными разрядами локальной стимуляцией в спайковой нейронной сети. Изв. вузов. ПНД. 29, 3, 428–439. Объем – 12 стр.

Автором изучена зависимость возникновения сетевой синхронизации от параметров стимуляции – частоты и геометрических размеров зоны стимуляции. Показано, что кратковременная и долговременная синаптическая пластичность существенно расширяет частотный и геометрический диапазон, при котором наблюдается синхронизация.

5. **Лобов, С. А.** (2019). Обобщенная память спайковой нейронной сети с STDP пластичностью. Математическая биология и биоинформатика 14, 649–664. Объем – 16 стр.

6. **Lobov, S. A.**, Zharinov, A. I., Makarov, V. A., and Kazantsev, V. B. (2021). Spatial Memory in a Spiking Neural Network with Robot Embodiment. Sensors 21. Объем – 15 стр.

Автором исследуется глобальная память спайковой нейронной сети. Описывается зависимость процессов записи, хранения и воспроизведения памяти в зависимости от таких параметров, как уровень нейронного шума и связность сети. На основе исследуемых явлений предлагается новая модель пространственной памяти с негативным подкреплением. Работоспособность модели демонстрируется с помощью робота-нейроанимата, обучающегося избегать опасные зоны и способного к повторному обучению при изменении локализации опасной зоны.

7. Villacorta-Atienza, J. A., Calvo, C., **Lobov, S.**, and Makarov, V. A. (2017). Limb Movement in Dynamic Situations Based on Generalized Cognitive Maps. Math. Model. Nat. Phenom. 12, 15–29. Объем – 15 стр.

8. Calvo Tapia, C., Villacorta-Atienza, J. A., Díez-Hermano, S., Khoruzhko, M., **Lobov, S.**, Potapov, I., et al. (2020). Semantic Knowledge Representation for Strategic Interactions in Dynamic Situations. Front. Neurobot. 14, 4. Объем – 12 стр.

9. Villacorta-Atienza, J. A., Calvo Tapia, C., Díez-Hermano, S., Sánchez-Jiménez, A., **Lobov, S.**, Krilova, N., et al. (2021). Static internal representation of dynamic situations reveals time compaction in human cognition. J. Adv. Res. 28, 111–125. Объем – 15 стр.

С помощью нейро-робототехнического подхода автором демонстрируется работоспособность модели обобщенных когнитивных карт в задачах сенсорно-моторного взаимодействия с динамическими объектами. В масштабном исследовании с применением компьютерного тестирования человека получены

данные в пользу предсказанной моделью возможностью кодирования статических и динамических сцен в виде статических когнитивных карт.

10. **Лобов, С.А.**; Миронов, В.И.; Кастальский, И.А.; Казанцев В.Б. Совместное использование командного и пропорционального управления внешними робототехническими устройствами на основе электромиографических сигналов. СТМ, 2015, том 7, номер 4, стр. 30-38. Объем – 9 стр.

11. **Lobov, S.**, Mironov, V., Kastalskiy, I., and Kazantsev, V. (2015b). A spiking neural network in sEMG feature extraction. *Sensors* 15, 27894–27904. Объем – 11 стр.

12. **Lobov, S.**, Krilova, N., Kastalskiy, I., Kazantsev, V., and Makarov, V. A. (2018). Latent factors limiting the performance of sEMG-interfaces. *Sensors* 18, 1122. Объем – 19 стр.

13. Миронов, В.И.; **Лобов, С.А.**; Крылова, Н.П.; Гордлеева, С.Ю.; Каплан, А.Я.; Бахшиев, А.В.; Щуровский, Д.В.; Вагнер, В.О.; Кастальский, И.А.; Ли, А.Н.; Казанцев, В.Б. “Разработка нейроруляемого автомобиля для мобилизации людей с двигательным дефицитом — нейромобиля” СТМ, 2018, том 10, номер 4, стр. 43-59. Объем – 17 стр.

14. **Lobov, S. A.**, Krylova, N. P., Anisimova, A. P., Mironov, V. I., and Kazantsev, V. B. (2019). Optimizing the Speed and Accuracy of an EMG Interface in Practical Applications. *Hum. Physiol.* 45, 145–151. Объем – 7 стр.

15. Gordleeva, S.Y.; **Lobov, S.A.**; Grigorev, N.A.; Savosenkov, A.O.; Shamshin, M.O.; Lukoyanov, M. V; Khoruzhko, M.A.; Kazantsev, V.B. Real-Time EEG–EMG Human–Machine Interface-Based Control System for a Lower-Limb Exoskeleton. *IEEE Access* 2020, 8, 84070–84081. Объем – 12 стр.

На основе модельных нейронных сетей автором разработан нейромышечный (электромиографический, ЭМГ) интерфейс с командно-пропорциональным способом управления различными внешними исполнительными устройствами: персональным компьютером, колесными и антропоморфными роботами, экзоскелетом и прототипом нейроруляемого автомобиля. Предложено использование импульсных нейронов в задаче извлечения амплитудной характеристики ЭМГ-сигналов. Применение гибридных нейронных сетей с импульсными и формальными нейронами позволило реализовать совмещение пропорциональной и командной стратегии управления. В исследованиях с разными группами людей определены основные лимитирующие факторы ЭМГ интерфейсов. Предложены способы оптимизации интерфейсов по таким критериям как скорость срабатывания интерфейса, плавность движения объекта, точность и скорость управления.

16. **Lobov, S. A.**, Mikhaylov, A. N., Shamshin, M., Makarov, V. A., and Kazantsev, V. B. (2020). Spatial properties of STDP in a self-learning spiking neural network enable controlling a mobile robot. *Front. Neurosci.* 14, 88. Объем – 10 стр.

17. **Lobov, S. A., Chernyshov, A. V, Krilova, N. P., Shamshin, M. O., and Kazantsev, V. B. (2020). Competitive Learning in a Spiking Neural Network: Towards an Intelligent Pattern Classifier. Sensors 20. Объем – 14 стр.**

Автором предложены архитектуры спайковой нейронной сети с ассоциативным обучением на базе временного и частотного кодирования. Архитектура с временным кодированием используется в основе робота-нейроанимата, демонстрирующего модель условного рефлекса и оперантного обучения. Архитектура с частотным кодированием используется в нейромышечном интерфейсе. Предлагается новый способ обучения спайковой нейронной сети с учителем. Сформулированы основные принципы ассоциативного обучения: Хеббовский тип обучения, синаптическая и нейронная конкуренция.

Содержащиеся в диссертации сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах достоверны

На диссертацию и автореферат поступило 9 отзывов от:

1. Пономаренко Владимира Ивановича, доктора физико-математических наук (специальность 01.04.03 – Радиофизика), профессора, ведущего научного сотрудника Саратовского филиала Института радиотехники и электроники (СФ ИРЭ) им. В.А. Котельникова РАН;

2. Куркина Семена Андреевича, доктора физико-математических наук (специальность 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»), доцента, профессора Лаборатории нейронауки и когнитивных технологий Центра технологий компонентов робототехники и мехатроники Автономной некоммерческой организации высшего образования «Университет Иннополис» и Максименко Владимира Александровича, доктора физико-математических наук (специальность 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»), профессора Лаборатории нейронауки и когнитивных технологий Центра технологий компонентов робототехники и мехатроники Автономной некоммерческой организации высшего образования «Университет Иннополис»;

3. Кащенко Сергея Александровича, доктора физико-математических наук (специальность 01.01.02 -Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление), главного проректора ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова»;

4. Яхно Владимира Григорьевича, доктора физико-математических наук (специальность 03.01.02 – Радиофизика), заведующего лаборатории автоволновых процессов Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук» (ИПФ РАН);

5. Щербань Игоря Васильевича, доктора технических наук (специальность 05.13.01. Системный анализ, управление и обработка информации), главного

научного сотрудника Научно-исследовательского технологического Центра (НИТЦ) нейротехнологий Южного федерального университета (ЮФУ);

6. Иудина Дмитрия Игоревича, доктора биологических наук (специальность 03.02.08 – экология), доктора физико-математических наук (специальность 01.04.03 – Радиофизика), доцента по специальности, ведущего научного сотрудника Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук» (ИПФ РАН);

7. Ерохина Виктора Васильевича, доктора физико-математических наук (специальность 01.04.07 – физика конденсированного состояния), директора по исследованиям Института материалов и магнетизма Итальянского национального исследовательского совета, Италия, Парма;

8. Воденеева Владимира Анатольевича, доктора биологических наук (специальность 03.00.02 – Биофизика), доцента, заведующего кафедрой биофизики Института Биологии и Биомедицины ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»;

9. Мухиной Ирины Васильевны, доктора биологических наук (специальность 14.00.16 – патологическая физиология), профессора, директора института фундаментальной медицины, заведующего кафедрой физиологии Приволжского исследовательского медицинского университета.

Все отзывы положительные. В отзывах отмечается актуальность темы исследования, новизна полученных результатов и их значимость для науки и практики.

В отзывах на диссертацию и автореферат содержатся следующие замечания:

Замечания из отзыва ведущей организации:

1. В предложенной спайковой модели используется упрощенная модель химического синапса, не учитывающая эффект шунтирования. Хотелось бы увидеть обоснование данного упрощения.

2. В работе не обсуждаются перспективы развития разработанной сетевой модели при моделировании конкретных структур мозга.

3. При моделировании распространяющегося в нейронной сети возбуждения в виде бегущих волн недостаточно подробно исследованы факторы, определяющие данный вид активности. В частности, не проанализирована роль тормозных нейронов сети.

4. Волны нейрональной активности в коре и культуре нейронов, выращенных *in vitro*, очевидно реализуются через различные биофизические механизмы. Можно ли использовать предложенную спайковую модель и для интерпретации экспериментов с культурами, и для моделирования когнитивных нейрональных карт?

Отмечается, что указанные замечания и вопросы не влияют на научную и практическую значимость работы, а также на общее впечатление о высокой квалификации соискателя учёной степени.

Замечания из отзыва официального оппонента Дунина-Барковского Виталия Львовича

1. В работе отсутствует сопоставление спектральных характеристик исследуемых сетевых моделей с экспериментальными данными, полученными в условиях *in vitro* (сигнал с мультиэлектродных матриц) и *in vivo* (ЭЭГ) при исследовании живых нейронных сетей.

2. В Главе 2 не совсем понятно каким образом введенное автором векторное поле весов связей соотносится со структурой сети и начальными значениями весов связей. В частности, не исследован вопрос о том, будет ли векторное поле отличаться в разных вычислительных экспериментах с одними и теми же параметрами, и начальными условиями.

3. В работе не обсуждается возможность применения полученных при моделировании результатов в экспериментах по исследованию реальных сетей нейронов мозга.

Отмечается, что указанные замечания и вопросы носят уточняющий характер и не ставят под сомнение высокий уровень новизны и полезности работы.

Замечания из отзыва официального оппонента Казановича Якова Борисовича

1. Несмотря на детальное исследование распространения возбуждения в СНС в диссертации недостаточно данных, которые бы позволили оценить, насколько поведение разработанной модели (в том числе модифицированное в результате обучения) соответствует экспериментально наблюдаемому поведению нейрональных культур разного возраста. Каковы условия и ограничения для использования модели для описания нейрональных культур?

2. В главе 3 отсутствуют какие-либо данные о емкости памяти, основанной на локальной стимуляции.

3. Терминологические замечания. Вместо кальки с английского "визуальная кора" лучше было бы использовать термин "зрительная кора". Аналогично вместо "интерметентный" лучше использовать термин "перемежающийся".

Присутствуют замечания по оформлению диссертации. Отмечается, что указанные недостатки не умаляют достижений диссертационной работы.

Замечания из отзыва официального оппонента Постникова Евгения Борисовича

1. Какие функции были использованы для построения фита сигмоидальных кривых на рис. 16? Аналогично, было бы интересно проанализировать возможные аналитические аппроксимации колоколообразных распределений, представленных на рис. 17: в частности, для мономодальной кривой, возможно более естественным было

бы рассмотреть характерную дисперсию распределения по временам, а для сложных мультимодальных распределений — исследовать, возможно ли их представление в виде суперпозиции подобных распределений с различными амплитудами и временными сдвигами.

2. Каков характерных функциональный вид зависимостей скорости распространения активности на рис. 23? Визуально они сходны квадратным корнем; если это так, то возможно выявить определенное сходство с возникновением бегущей волны за счет взаимодействия с локальными связями в среднеполевых моделях типа Кендалла.

3. В текстовом описании метода векторного поля (с. 88-89), сопоставляемого межнейронным связям, имеется определенная путаница между именно векторами, заданными определением (29), и направленными связями, соединяющими нейроны. Именно последние “имеют пересечение с ячейкой”, а не вектора им сопоставленные.

4. Демонстрацию степени адекватности данных степенному закону (например, рис. 53 и 54, в последнем также несколько сомнительна точность фита на средней панели) нагляднее демонстрировать в двойных логарифмических координатах, а не в исходных.

Отмечается, что указанные замечания и вопросы относятся прежде всего к тексту представленной диссертации, не подвергая сомнению качество самих проведенных исследований, достоверность и обоснованность полученных результатов и сделанных из них выводов, их новизну и значимость, а также частично служат мотивацией для дальнейших исследований.

Вопросы и замечания из отзывов на автореферат

Замечания и вопросы из отзыва на автореферат Игоря Васильевича Щербаня

1. Из автореферата не ясно, насколько существенно зависит наличие нейронной активности в виде сетевых (популяционных пачек) пачек импульсов от постулируемого соотношения 4:1 числа возбуждающих и тормозных нейронов (стр. 18). Является ли предложенная пропорция обязательной, она обоснована в тексте работы, или существует иное ее теоретическое обоснование? Что произойдет при изменении этой пропорции?

2. Так ли очевидно утверждение об эквивалентности статичных и динамических нейрональных когнитивных карт (рис. 17)? Насколько утверждение о предсказательных возможностях модели ОКК зависит от специфики экспериментальной ситуации?

3. Кроме того, автор использует некоторые классические термины некорректно, что затрудняет понимание материала. Например, не ясно, с какой целью под «надежностью» понимается «время» хранения следов памяти?

В отзыве отмечается, что данные замечания и вопросы не носят принципиального характера и не снижают научной и практической ценности работы.

В отзыве на автореферат Владимира Григорьевича Яхно имеются замечания к оформлению автореферата, не снижающие достоинства основных научно-практических результатов работы.

На замечания соискателем даны исчерпывающие ответы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается значительным опытом выполнения ими научно-исследовательских работ по тематике диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- Разработана биофизическая спайковая модель нейронной сети, описывающая в зависимости от параметров и топологической конфигурации: (а) сети нейронов мозга, выращиваемых в искусственных условиях *in vitro*; (б) сети клеток места со свойствами когнитивных карт; (в) самоорганизующейся нейронной карты, работающей в контуре нейромышечного интерфейса; (г) сети с ассоциативным обучением по типу условного рефлекса и оперантного обучения.

- Предложен ряд новых методов оценки структурно-функционального состояния нейронной сети: построение векторного поля синаптических и функциональных связей, определение ведущих нейронов-хабов, избирательное включение синаптической пластичности в зависимости от типа нейронной активности. С помощью предложенного инструментария получены оригинальные результаты при исследовании глобальной сетевой памяти.

- Исследованы факторы, лимитирующие ассоциативное обучение в нейронных сетях и предложены сетевые архитектуры, обеспечивающие обучение на базе временного и частотного кодирования информации.

- Предложены новые подходы к созданию самообучающихся нейроморфных систем и нейроинтерфейсных технологий на основе биофизических спайковых моделей нейронных сетей. Данные подходы проиллюстрированы с помощью: (а) прототипов нейро-роботов, взаимодействующих с внешней средой на основе нейронных когнитивных карт; (б) адаптивных нейромышечных интерфейсов; (в) самообучающегося робота-нейроанимата.

Теоретическая значимость диссертационной работы определяется тем, что предложенные биофизические модели позволяют описать функционирование сетей нейронов мозга, функционирующих в естественных и искусственных условиях. Разработанные подходы, расширяющие существующие методы биофизики сложных систем, позволили проанализировать эффекты локальной синаптической пластичности на глобальном сетевом масштабе, обобщить гипотезу компактных когнитивных карт, выявить основные принципы обучения спайковых нейронных сетей и реализовать ассоциативное обучение как в варианте временного, так и частотного кодирования информации.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- Разработаны нейромышечные интерфейсы на основе искусственных нейронных сетей различной степени биологической релевантности. Работа интерфейсов продемонстрирована в контуре управления исполнительными устройствами: персональным компьютером, колесными и антропоморфными роботами, экзоскелетными комплексами, прототипом нейроуправляемого автомобиля. Предложенные решения могут быть использованы в социальной реабилитации и нейрореабилитации людей с ограниченными двигательными возможностями. Результаты данных работ реализуются в коммерческих изделиях индустриальных партнеров ННГУ им. Н.И. Лобачевского.

- Предложенный в работе робот, управляемый спайковой нейронной сетью, может рассматриваться как прототип нейроуправляемого робототехнического устройства нового типа с элементами обучения и самоадаптации. Предложенные архитектуры и принципы обучения могут быть реализованы в нейроморфных системах с аппаратной реализацией синаптической пластичности на базе мемристоров.

- Предложенные программные и программно-аппаратные комплексы используются в качестве методического обеспечения образовательных курсов, разработанных и читаемых соискателем: "математическое моделирование нейронных сетей мозга" (специальность «биология», бакалавриат, 4 курс), "моделирование базовых когнитивных функций мозга" (специальность «биология», магистратура, 1 курс), "Моделирование пластичности и обучения в нейронных сетях мозга" (специальности «биофизика» и «радиофизика»).

Личный вклад соискателя. В публикациях и документах на РИД, где соискатель указан первым либо последним автором (25 работ из 37), он выполнял ведущую роль в постановке задач и их решении. В остальных работах соискатель принимал непосредственное участие в постановке задач, в моделировании, экспериментальных работах, обсуждении и интерпретации результатов.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания и вопросы:

1. Член диссертационного совета Постнов Дмитрий Энгелевич: в начале доклада был озвучен тезис о том, что нейрональные культуры фактически не удается обучить. Является ли это следствием особенностей нейронов, выращенных в искусственных условиях, и можно ли в таком случае для таких систем использовать результаты моделирования?

2. Присутствующий на публичной защите Параскевов Александр Ваноевич (к.ф.-м.н, старший научный сотрудник, Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича, Курчатовский институт) высказал замечание о недостаточном количестве цитируемых работ по тематике исследований за последние 5 лет, что по его мнению умаляет достоинства работы.

Соискатель ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привёл собственную аргументацию:

1. До недавнего времени исследования с нейрональными культурами проводились на неструктурированных сетях. В модели таких сетей ассоциативного обучения также добиться не удастся. В работе показано, что основные принципы обучения включают синаптическую и нейронную конкуренцию, для достижения которых нейронная сеть должна быть определенным образом структурирована. В экспериментальных работах в настоящее время развивается подход выращивания модульных сетей, соединенных однонаправленными связями. Соответственно в ближайшем будущем можно будет реализовать в экспериментальных условиях предлагаемые в работе сетевые архитектуры.

2. Диссертационная работа содержит достаточное количество ссылок на актуальные работы по тематике исследований. Учитывая широкий круг вопросов, рассматриваемых в диссертации, невозможно включить ссылки на все исследования.

Выступившие в ходе общей дискуссии члены диссертационного совета согласились с замечанием Параскевова А.В. в части признания небольшого количества цитируемых работ за последние 5 лет недостатком обзорной части диссертации, однако выразили категорическое и обоснованное несогласие считать данный недостаток снижающим научную и практическую ценность диссертации.

На заседании 06.12.2021 г. диссертационный совет принял решение: за разработку теоретических положений, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, заключающееся в разработке новых подходов к созданию самообучающихся нейроморфных систем и нейроинтерфейсных технологий на основе биофизических спайковых моделей нейронных сетей, присудить Лобову Сергею Анатольевичу ученую степень доктора физико-математических наук по специальности 1.5.2. – Биофизика.

При проведении тайного электронного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, включая 3 дистанционных участников, из них 10 докторов наук по специальности 1.5.2. – Биофизика, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали:

за – 16, против – 0, воздержались – 0.

Заместитель председателя
диссертационного совета
д.ф.-м.н., старший научный сотрудник

Ученый секретарь
диссертационного совета
д.ф.-м.н., доцент

06.12.2021



Дербов Владимир Леонардович

Генина Элина Алексеевна