

## Отзыв

официального оппонента Грубова Вадима Валерьевича, кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника Балтийского центра нейротехнологий и искусственного интеллекта Балтийского федерального университета имени Иммануила Канта на диссертационную работу Штайнер Элен Владимировны «Ритмическая активность мозга, ассоциированная с математическим профессионализмом и с процессом решения математических задач», представленную к защите в Диссертационный совет 24.1.046.01 при ФГБУН Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии Российской академии наук ИАНД и НФ РАН на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.5 – Физиология человека и животных (биологические науки)

**Актуальность темы исследования.** Представленная на соискание ученой степени кандидата биологических наук работа Элен Владимировны Штайнер представляет собой законченное научное исследование, посвященное актуальной научной проблеме – изучению связи ритмической активности головного мозга и когнитивных процессов человека. В качестве исследуемой области когнитивной деятельности были выбраны математические задачи и этот выбор выглядит разумным, так как спектр математических задач широк, они значительно отличаются между собой, выходя далеко за границы собственно арифметических примеров, результативность в их выполнении достоверно проверяется с помощью математических тестов. Немаловажным является высокая социальная значимость математических способностей и навыков в современном мире. В качестве сильных сторон данной работы необходимо отметить использование автором современных методов, а именно 128-канального усилителя для регистрации сигналов ЭЭГ и применение методов машинного обучения.

**Научная новизна исследования и результатов.** Использование методов машинного обучения для изучения работы мозга в нейробиологии на сегодняшний день является общепринятым. Классификаторы широко применяются для распознавания образов, речи, воображаемых движений, уровня усталости и прочее,

однако задача преодоления высокой индивидуальной вариабельности сигнала ЭЭГ все еще остается нерешенной. Автору удалось показать возможность успешного распознавания паттернов ЭЭГ, отражающих различный уровень математической подготовки. В рамках текущего исследования были апробированы несколько типов алгоритмов машинного обучения, ранее не применявшихся для распознавания сложных когнитивных состояний и людей.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Выявление специфических для профессиональных математиков и специалистов в сфере технических наук паттернов ритмической активности мозга и успешное применение интерпретационных методов машинного обучения для классификации создает основу для формирования системы раннего выявления математических способностей и методик их эффективного развития. Дальнейшие исследования в данном направлении могут играть важную роль в контексте улучшения качества математического образования и построении моделей нервной системы, в том числе и для создания нейроморфного искусственного интеллекта. Показано, что методы машинного обучения могут успешно справляться с зашумленными данными высокой размерности, что повышает актуальность использования регистраторов ЭЭГ высокой плотности, способных предоставить существенно более детализированную информацию об особенностях ритмической активности мозга. Безусловной заслугой автора является тщательно продуманный и лично сформулированный набор из 180 экспериментальных задач, которые могут быть применены в дальнейшем и в других нейробиологических исследованиях.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа Э.В. Штайнер оформлена в соответствии с требованиями «Положения о порядке присуждения ученых степеней» от 24.09.2013. №842 и отвечает требованиям ВАК при Минобрнауки РФ, предъявляемым кандидатским диссертациям. Работа изложена на 177 страницах машинописного текста и включает: введение, четыре главы, заключение, выводы, список сокращений и условных обозначений, список литературы из 371 наименования, список публикаций по теме диссертации. Работа иллюстрирована 6 таблицами и 26 рисунками.



Во введении соискатель формулирует проблему исследования, обосновывает ее актуальность, анализирует обоснованность темы диссертации.

Цель работы сформулирована корректно, полностью соответствует теме диссертации. Задачи выстроены логично и объединяют вопросы, касающиеся ЭЭГ-коррелятов математического опыта и процессов решения математических задач. Парадигма исследования соискателем представлена четко и ясно, что свидетельствует о продуманном подходе к решению рассматриваемой проблемы.

Первая глава диссертации посвящена обзору и анализу работ в исследуемой отрасли. Она содержит шесть подразделов и включает сведения о нейробиологических основах математического мышления, рабочей памяти, связи электрической активности мозга с определенными типами мыслительной деятельности и машинном обучении. В первой главе представлены общие сведения о связи ритмической активности мозга с когнитивными процессами, описаны наиболее распространенные методы машинного обучения. Завершается глава постановкой проблемы диссертационной работы. Глава написана четко, структурированно, без отклонений от темы исследования.

Во второй главе детально описана экспериментальная парадигма, правила формирования выборки испытуемых, использованное оборудование, серии исследований и методы обработки полученных данных.

В третьей главе излагаются результаты. Материал исследования изложен в трех подразделах, соответствующих этапам исследования: подготовительному, пилотному и основному.

В четвертой главе автор подробно и основательно, обращаясь к данным литературы и современным представлениям, обсуждает полученные результаты. Глава состоит из четырех подразделов, три из которых соответствуют этапам исследования, а четвертый посвящен итоговому обсуждению поведенческих и электроэнцефалографических различий между испытуемыми математической и нематематической групп по результатам инструментальных этапов исследования. Автор критически оценил полученные результаты, что является несомненным достоинством этой части работы.

**Степень обоснованности и достоверности выводов и основных положений диссертации.** Обоснованность и достоверность полученных результатов и выводов обеспечивается разумным методическим и методологическим дизайном всего исследования, достаточным числом наблюдений и адекватным применением статистических методов, что позволило автору успешно решить поставленные задачи и получить интересные результаты. Автореферат отражает основное содержание диссертации. Его оформление полностью соответствует требованиям ВАК.

По теме диссертации опубликовано 5 (пять) печатных работ, из них 3 (три) статьи в журналах, рекомендованных ВАК, в том числе входящих в базу Web of Science и Scopus. Основные положения диссертации доложены и обсуждены на международных конференциях. В частности, материалы диссертации были представлены в качестве стендового доклада на Восьмой международной конференции по когнитивной науке, Светлогорск, Россия (18-21 октября 2018 г.) и на четвертой международной конференции по нейротехнологии и нейроинтерфейсам, Калининград, Россия (17 Октября 2022 г.).

**Замечания и вопросы по диссертации.** В качестве замечаний могу отметить наличие опечаток и ошибок грамматического согласования, а также присутствие в тексте диссертации не имеющих практического смысла выражений таких, как: «значения точности корреляции, приближающиеся к достоверным». Кроме того, некоторые иллюстрации слишком мелкие или низкого качества, что делает их сложными для восприятия. Данные замечания не снижают ценности диссертации, не несут принципиального характера и являются уточняющими.

**Заключение.** Диссертационная работа Элен Владимировны Штайнер «Ритмическая активность мозга, ассоциированная с математическим профессионализмом и с процессом решения математических задач» является самостоятельной завершенной научно-квалификационной работой, по актуальности проблемы, квалифицированному подходу и высокому современному методическому уровню проведения исследований, объему полученных данных, их новизне, теоретической и практической значимости, достоверности и обоснованности выводов отвечает требованиям ВАК при Минобрнауки РФ, предъявляемым к

кандидатским диссертациям, полностью соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г. в действующей редакции, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.5. «Физиология человека и животных» (биологические науки).

**Официальный оппонент:**

Кандидат физико-математических наук,  
Старший научный сотрудник  
Балтийского центра нейротехнологий и искусственного интеллекта  
Балтийского федерального университета имени Иммануила Канта

Шифр и наименование специальности официального оппонента:

03.01.02 - Биофизика

« 04 » августа 2023 г.

Грубов Вадим Валерьевич

Балтийский центр нейротехнологий и искусственного интеллекта Балтийского федерального университета имени Иммануила Канта

Адрес места работы: г. Калининград, ул. Чернышевского, д. 56А, БФУ им. Канта, корпус 4

Телефон: +7 903 380 40 97

E-mail: vvgrubov@gmail.com

