

Отзыв

На диссертацию Малаховой Екатерины Юрьевны «Исследование и интерпретация при помощи искусственных нейронных сетей механизмов описания зрительных образов в нижневисочной коре головного мозга приматов», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.5 – Физиология человека и животных

Актуальность избранной темы. Работа Малаховой Е.Ю. посвящена актуальной теме: нейрофизиологические механизмы переработки зрительной системы в высших иерархических полях зрительной системы приматов и человека. Данные фМРТ последних лет указывают на модульную организацию нейронов, специфически кодирующих категории зрительных стимулов (такие как цвета, лица, изображения сцен) в нижневисочной коре. Своеобразная френология 21 века. Особенно хочу отметить впечатляющие работы Нэнси Кэнвишер из MIT center for brain minds and machines, которая не только использует изящные методы фМРТ, МЭГ для локализации различных категорий стимулов в нижневисочной коре, но и пытается использовать глубокие нейронные сети для объяснения этих результатов. Достоинством рецензируемой работы является использование этих двух, дополняющих друг друга подходов: нейрофизиологического, с регистрацией отдельных нейронов в нижневисочной коре (и это является несомненной новизной рецензируемой работы) и искусственного интеллекта (ИИ), в том числе моделей иерархических нейронных систем с возможностями обучения.

В отличие от работ, в которых искусственные нейросети применяются как вспомогательный инструмент анализа, в настоящей работе предпринята попытка использовать нейронные сети не только как модель, но и как методологическое средство для построения активного эксперимента. Такой подход выходит за рамки традиционной нейрофизиологической парадигмы и требует пересмотра самого способа взаимодействия с экспериментальными данными.

Таким образом, **целью** диссертационной работы являлся анализ механизмов описания зрительных образов нейронными сетями высших отделов зрительной системы приматов в сравнении с результатами модельных исследованиях с применением искусственных нейронных сетей, выполняющих аналогичные задачи распознавания.

Степень обоснования научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированы в диссертации. На мой взгляд новым в работе является оригинальный подход к исследованию функций нейронов высших отделов зрительной системы посредством применения генеративных нейронных сетей, а также идея и разработка подхода, позволяющий создание стимулов непосредственно во время проведения нейрофизиологических экспериментов на основе регистрируемой нейрональной активности (своеобразная обратная связь для оптимизации ответа регистрируемых нейронов).

Достоверность и научная обоснованность результатов. Работа опирается на репрезентативные экспериментальные данные, полученные в ведущем международном центре, при строгом соблюдении этических и методологических требований. Регистрируемая активность нейронов нижневисочной коры макак сопоставляется с архитектурами глубоких сверточных и генеративных нейросетей, причем верификация результатов проводится через несколько взаимодополняющих аналитических подходов. Полученные автором результаты подкреплены адекватным статистическим анализом как нейрофизиологических данных (ответов отдельных нейронов и микроколонок), так и данных моделирования глубоких нейронных сетей. Достоверность этих данных, и базирующихся на них выводов у меня не вызывает сомнения.

Научная новизна работы. К числу наиболее значимых научных достижений работы следует отнести:

- разработку программного комплекса для целенаправленной генерации стимулов на основе модели зрительной коры, позволяющего варьировать стимульный материал в процессе эксперимента;
- демонстрацию возможности сопоставления пространств признаков нейросетей и нейронных популяций, выявление фазовых переходов в представлениях и анализ их динамики на основе сопоставления матриц сходства;
- применение фрагментно-ориентированной интерпретации избирательности нейронов, аппроксимированных через ориентированные и цветовые каналы — метод, объединяющий машинное обучение с классическими подходами физиологии зрения.

Работа заслуживает внимания не только как оригинальное исследование, но и как методологическая платформа, способная влиять на проектирование будущих нейрофизиологических протоколов.

Существенных замечаний, влияющих на общую положительную оценку диссертационной работы, не имеется. На дискуссию хотелось бы вынести следующий вопрос.

Существуют две доминирующие модели функциональной организации областей мозга, лежащих в основе распознавания объектов. Одна модель постулирует наличие специализированных модулей для отдельных категорий, тогда как другая предполагает распределённое представление объектов на основе общих визуальных признаков. Функциональные методы визуализации, основанные на метаболических сигналах, такие как фМРТ и оптическая визуализация сигналов, использовались для поддержки обеих моделей, однако из-за косвенного характера измерений, получаемых с помощью этих методов, существующие данные в поддержку одной модели не могут быть использованы для обоснования другой. Хотелось бы услышать от автора этой

замечательной работы собственное мнение по этому вопросу, основанное на опыте диссертационной работы и данных литературы.

На основании вышеизложенного считаю, что представленная диссертационная работа Малаховой Е.Ю. «Исследование и интерпретация при помощи искусственных нейронных сетей механизмов описания зрительных образов в нижневисочной коре головного мозга приматов», отвечает требованиям пунктов 9, 10, 11, 13 Положения «О порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. (редакция от 01.10.2018 г., с изм. от 26 мая 2020 г.), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Малахова Екатерина Юрьевна заслуживает присуждения учёной степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.5 – Физиология человека и животных.

Заведующий лабораторией

нейробиологии программирования действий

Федерального государственного бюджетного

учреждения науки Институт мозга человека

им. Н.П. Бехтерева Российской академии наук (ИМЧ РАН).

профессор, доктор биологических наук

Лауреат Государственной премии СССР

Кропотов Ю.Д.

20 мая 2025 г.

Адрес: Санкт-Петербург, 197376, ул. академика Павлова, д.9, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт мозга человека им. Н.П. Бехтерева Российской академии наук (ИМЧ РАН)

Тел. +7 (812) 670-99-89

Электронная почта: info@ihb.spb.ru

