

Декодирование кинематических характеристик движения пальца по сигналу электрокортикограммы при помощи классических методов и методов глубинного обучения

Научный руководитель – Осадчий Алексей Евгеньевич

Волкова Ксения Владимировна

Аспирант

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Факультет гуманитарных наук, Москва, Россия

E-mail: voxxy@gmail.com

Нейрокомпьютерные интерфейсы - активно развивающаяся область, разработки в которой находят как практическое, так и исследовательское применение. Как правило, интерфейсы мозг-компьютер реализуются на основе неинвазивных методов, однако значительное повышение пропускной способности канала между мозгом и внешним устройством возможно только при использовании технологий, требующих хирургического вмешательства. Электрокортикография (ЭКоГ) - минимально инвазивный метод регистрации электрической активности мозга, который обеспечивает высокую пространственную и временную разрешающую способность при низком уровне рисков для пациента. Сигнал ЭКоГ содержит информацию о кинематических характеристиках движения, декодирование которых может быть осуществлено при помощи различных алгоритмов анализа данных. В данном исследовании оценивается возможность использования глубинного обучения (семейства алгоритмов, которые позволяют моделировать сложные иерархические закономерности в данных) для обработки электрокортикограммы и изучения процессов, связанных с совершением произвольного движения и обработкой проприоцептивной информации.

Для синхронной регистрации характеристик движения и сигнала ЭКоГ была проведена серия экспериментов, во время которых испытуемый производил простые повторяющиеся движения пальца в свободном темпе, которые регистрировались при помощи трехосного акселерометра параллельно записи ЭКоГ с электродов-полосок, имплантированных на контралатеральной моторной коре. После этого решалась задача декодирования траектории движения пальца, которую характеризовал сигнал акселерометра, по данным многоканальной записи ЭКоГ.

Было показано, что при помощи глубинной сверточной нейронной сети сигнал акселерометра может быть восстановлен с коэффициентом корреляции 0.8 между реальным и предсказанным сигналом в режиме каузального декодирования и 0.88 в антикаузальном режиме, в то время как для классического метода декодирования с использованием абсолютных значений вейвлет-коэффициентов и фильтра Винера эти значения составили соответственно 0.56 и 0.69.

Полученные результаты показывают возможность представления глубинной сверточной нейронной сетью информации, связанной с кинематическими параметрами движения. Анализ влияния отдельных каналов и полос частот на качество декодирования показал физиологически правдоподобную картину распределения весов между признаками. Таким образом, была показана возможность реализации декодирования кинематических параметров движения с высокой точностью при помощи минимально инвазивного метода ЭКоГ и современных алгоритмов глубинного обучения. Такое декодирование создает основу для реализации управления устройствами с большим количеством степеней свободы, а также исследования процессов, которые обеспечивают совершение моторного акта.