**Распознавание последовательностей квазидвижений как возможная основа асинхронного интерфейса мозг-компьютер**

Неинвазивные интерфейсы мозг-компьютер (ИМК) все шире используются в нейрореабилитации. Все больше предпринимается попыток разрабатывать ИМК-решения и для здоровых пользователей, в частности, для тренировки когнитивных функций и просто для рекреационных целей ("нейроигры"). Наиболее эффективно работающие из существующих неинвазивных ИМК являются "синхронными" -- они требуют синхронизации совершаемых действий со временем подачи стимулов, задаваемым интерфейсом. Это приводит к частичному отвлечению когнитивных ресурсов пользователя на обработку этих стимулов, а также к снижению у пользователя чувства контроля над работой интерфейса. Поскольку чувство контроля является одним из ключевых компонентов чувства агентности (авторства действия), пользователь синхронного интерфейса может чувствовать себя автором действия не в полной мере. Как отвлечение когнитивных ресурсов на стимулы, так и недостаточная полнота контроля при работе с интерфейсом снижают удобство использования интерфейса. Более того, при пониженном чувстве авторства действия пользователь может быть в меньшей мере готов брать на себя ответственность за последствия действий.

С учетом сказанного, более предпочтительным типом ИМК выглядит “асинхронный” интерфейс, пользователь которого может подавать команды в произвольно определяемые им самим моменты времени. Однако возможность подачи команды в любой момент времени приводит к тому, что ИМК должен регулярно и с высокой частотой проверять, не подал ли пользователь команду. Поскольку неинвазивные ИМК работают с данными (как правило, ЭЭГ), полезный (для ИМК) сигнал в которых высоко зашумлен, это приводит либо к высокой частоте ошибок, либо к необходимости накапливать большие объемы данных для распознавания команды -- в последнем случае существенно увеличивается время отклика интерфейса, а у пользователя может быстро возникать утомление. И низкая точность, и большое время срабатывания не только затрудняют работу с ИМК, но и, опять же, приводят к снижению чувства контроля и авторства действия.

В настоящем краткосрочном (1 год) междисциплинарном проекте будет оценена возможность существенно повысить точностно-скоростные показатели асинхронного ИМК путем замены традиционно используемого в них моторного воображения (представления пользователем в уме выполнения им движений) на выполнение коротких последовательностей квазидвижений в быстром темпе. Квазидвижения (quasimovements) -- сравнительно недавно открытый и пока что мало исследованный феномен, наблюдающийся, когда испытуемому предлагают уменьшать амплитуду движения до тех пор, пока не исчезает и движение, и электромиографический (ЭМГ) сигнал от соответствующих мышц. При этом в ЭЭГ в значительной мере сохраняется паттерн изменений, характерный для реальных движений. Хотя возможность распознавания квазидвижений классификатором ИМК уже изучалась и дала положительные

результаты, в этом анализе моделировался лишь синхронный ИМК. Более того, квазидвижения, по наблюдениям их первых исследователей, в отличие от воображаемых движений, легко выполнять последовательно в быстром темпе, что открывает возможность использования их повторов для получения более четко распознаваемых паттернов активации мозга и, соответственно, улучшения соотношения сигнал/шум в ЭЭГ и повышения точности распознавания команд.

В рамках проекта будет впервые проанализирована возможность обнаружения подачи команды с помощью квазидвижений, и в особенности последовательностей квазидвижений, в асинхронном режиме применения классификатора ИМК. Такой режим будет моделироваться в оффлайн-режиме с использованием данных, полученных в экспериментах с участием здоровых испытуемых, выполняющих квазидвижения и их последовательности в ответ на стимулы, то есть в синхронном режиме. Асинхронный режим применения классификатора будет означать, что время подачи стимула не будет использоваться его алгоритмом, который может сработать в любой момент в относительно широком интервале времени. Благодаря тому, что испытуемые будут выполнять квазидвижения в ответ на стимул с известным временем подачи, можно будет достоверно оценить задержку срабатывания классификатора, частоту пропусков цели и частоту ложных срабатываний. Аналогичный анализ будет применен к данным, получаемым в экспериментах с воображением движений и последовательностей движений. Их условия будут максимально

приближены к условиям проведения экспериментов с квазидвижениями, что позволит сравнить временные и точностные характеристики работы ИМК при использовании этих двух способов подачи команды без использования реальных движений. Если подтвердится предположение о возможности повышения скорости или точности срабатывания ИМК при использовании квазидвижений или их последовательностей в сравнении с использованием воображаемых движений и их последовательностей, будет подготовлена заявка на новый проект, в котором будут реализованы асинхронный ИМК на основе квазидвижений, работающий в режиме реального времени, а также методика для проверки гипотезы о повышении чувства агентности и контроля при его использовании в сравнении с использованием традиционного ИМК на основе моторного воображения.