**Квазидвижения в интерфейсах мозг-компьютер: влияние типа движения и обратной связи**

Неинвазивные интерфейсы мозг-компьютер (ИМК) всё шире используются в нейрореабилитации. На их основе разрабатывают ассистивные технологии для парализованных пациентов и даже для здоровых людей. Один из наиболее распространенных типов ИМК — ИМК на основе представления (воображения) движений: их пользователи для подачи команды представляют, как они совершают определённое движение, не совершая его в реальности.

Однако из-за того, что моторное воображение фокусирует внимание пользователя на выполняемой ментальной задаче, когнитивные ресурсы в таких ИМК отвлекаются от восприятия внешних стимулов, что усложняет отслеживание обратной связи при срабатывании ИМК. Кроме того, задачи моторного воображения нередко плохо соответствуют движениям, которые было бы необходимо совершить в реальности для выполнения желаемого действия. Сочетание этих факторов приводит к снижению у пользователя чувства контроля над работой интерфейса и чувства агентности, что приводит к снижению эффективности использования интерфейса.

С учётом сказанного, предпочтительно использовать для отдачи команды в ИМК задачи, не требующие активного внутреннего фокуса внимания. Кроме того, важно добиваться, чтобы совершаемые пользователем действия и получаемая обратная связь максимально соответствовали «естественным» для цели, с которой пользователь отдаёт команду. В высокоэффективных инвазивных ИМК это все чаще достигается использованием, вместо воображения, попыток совершения движений, которые не приводят к реальным движениям из-за паралича, но сопровождаются четкими паттернами мозговой активности. Однако из-за сложности моделирования таких попыток движения без реальных движений на здоровых испытуемых эта технология не получает широкого распространения, в том числе в нейрореабилитации с использованием неинвазивных ИМК.

В проекте будет оценена возможность существенно улучшить удобство и естественность взаимодействия пользователя с ИМК с помощью замены моторного воображения на выполнение специально подобранных квазидвижений. Квазидвижения — сравнительно недавно открытый и очень 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, причем в ЭЭГ в значительной мере сохраняется паттерн изменений, характерный для реальных движений. Совершаемые здоровыми испытуемыми квазидвижения можно рассматривать как модель попыток совершения движений парализованными людьми (Nikulin et al., 2008, Vasilyev et al., 2023).

Возможность использования квазидвижений в ИМК уже изучалась и дала положительные результаты. Также было показано, что, в отличие от воображаемых движений, квазидвижения чаще ощущаются пользователем как попытка совершения реального движения (Yashin et al., 2023). Однако в них до сих пор использовалось единственное движение — отведение большого пальца руки, не являющееся естественным для пользователя и не направленное на цель.

В проекте мы впервые проанализируем возможность использования в ИМК эргономичных целенаправленных квазидвижений для подачи команды, а также обратной связи, обеспечивающей конгруэнтность пользовательского опыта. В экспериментах на здоровых испытуемых будут подобраны такие квазидвижения и проведена оценка влияния типа движения и его целенаправленности на выраженность изменений в ЭЭГ. В оффлайн-моделировании будут оценены точностно-скоростные характеристики ИМК на этих квазидвижениях в сравнении с ИМК на воображаемых движениях. На основании данных моделирования будут подобраны квазидвижения для последующего использования в онлайн-ИМК. В экспериментальной сессии с онлайн-ИМК (эксперименты со срабатыванием классификатора ИМК в реальном времени) будет оценено влияние обратной связи на изменения в ЭЭГ и точностно-скоростные характеристики, и, как и в оффлайн-моделировании, проведено сравнение между квазидвижениями и аналогичными воображаемыми движениями как способами подачи команды.