

Секция «17.3 Искусственный интеллект и анализ данных в космических исследованиях»

Методы распознавания моторных паттернов по электромиографическим сигналам

Научный руководитель – Лебедев Михаил Альбертович

Галушкин Тимофей Романович

Аспирант

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Факультет космических исследований, Москва, Россия

E-mail: timofei.galushkin@gmail.com

В области построения интерфейсов «мозг-компьютер» и «человек-компьютер» традиционно доминируют исследования, базирующиеся на электроэнцефалографии (ЭЭГ). Однако электромиография (ЭМГ) представляет собой перспективную альтернативу благодаря относительной простоте регистрации сигнала и меньшему количеству требуемых каналов. В данной работе представлен обзор современного состояния исследований в области распознавания и реконструкции движений на основе ЭМГ, а также подходы работы с ЭЭГ и гибридные подходы, объединяющие оба источника сигналов.

Ключевым условием эффективной работы моделей является качественная предобработка данных. Анализ литературы показывает, что стандартная процедура обработки включает в себя фильтрацию: выделение нужной частоты (от 50 Гц до 500 Гц для ЭМГ), разделение ЭМГ и ЭЭГ сигналов, в случае записи с головы, нормализацию ЭМГ-сигнала и возможную стандартизацию выходов, если параллельно осуществлялась запись движений, построение огибающих по каналам ЭМГ для последующей работы с информационной частью сигнала. Для учета динамики возможно добавление временных лагов, что позволяет модели улавливать временные зависимости в паттернах мышечной активности.

В современной литературе доминируют два подхода к декодированию моторных паттернов. Первый — классификация дискретных движений. Он решает задачу определения типа жеста из конечного набора с помощью алгоритмов классического машинного обучения (наиболее популярные: метод опорных векторов, случайный лес, линейный дискриминантный анализ) и нейронных сетей. Второй — регрессия, направлен на непрерывное восстановление положения конечности с использованием рекуррентных нейронных сетей (наиболее популярная модель: LSTM).

Лабораторные исследования демонстрируют высокую эффективность методов: точность классификации, однако при переходе к реальным условиям качество распознавания резко падает. Основными вызовами остаются: нестационарность ЭМГ во времени (устомление), перекрестные помехи от соседних мышц и чувствительность к смещению электродов. Существующие модели часто не обладают достаточной робастностью для долговременного использования вне лаборатории.

Перспективным направлением развития является создание гибридных интерфейсов «мозг-компьютер», объединяющих регистрацию ЭЭГ и ЭМГ. Такая комбинация позволяет использовать преимущества обоих сигналов: ЭЭГ отражает раннее намерение совершить действие и обеспечивает высокоуровневое управление, в то время как ЭМГ предоставляет детальную информацию о конкретном паттерне мышечной активности. Гибридный подход может повысить точность за счет компенсации недостатков обоих сигналов друг другом, однако ключевой проблемой здесь является выявление точных связей между двумя сигналами и разработка алгоритма для их корректного объединения.