

## ИНТЕРФЕЙС "МОЗГ-КОМПЬЮТЕР" В ЗАДАЧЕ КЛАССИФИКАЦИИ ВООБРАЖАЕМЫХ ДВИЖЕНИЙ НОГ

**Журавская А.** Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

В работе обсуждается проблема классификации воображаемых движений ног человека по сигналам активности мозга, воспринимаемым и декодируемыми с помощью интерфейса «мозг-компьютер». Рассматривается возможность применения классификатора на основе римановой геометрии для декодирования воображаемых движений нижних конечностей.

### **Введение.**

Интерфейс «мозг-компьютер» (ИМК) обеспечивает взаимодействие человека с окружающим миром, минуя нервно-мышечные пути. Данная технология нашла свое применение в различных сферах: нейроуправление, нейротренинги, нейрореабилитация и пр. В нейрореабилитации, как и в нейроуправлении есть множество разработок и открытых данных, связанных с воображаемыми движениями рук, но меньше – с движениями ног. Движения рук хорошо локализуются по электроэнцефалографическим (ЭЭГ) данным и помогают при постинсультной реабилитации восстанавливать нейронные связи нервной системы, но восстановление движений нижних конечностей пока остается проблемой.

Для классификации воображаемых движений по ЭЭГ-данным используются различные методы, но одним из многообещающих являются классификаторы на римановой геометрии. Римановы классификаторы показывают высокие результаты в конкурсах по анализу ЭЭГ-данных и в научных исследованиях. Их основная особенность связана с манипулированием ковариационными матрицами, которые непосредственно используются для классификации воображаемых движений.

В работе рассматривается задача создания ИМК с использованием классификатора, основанного на методе римановой геометрии, для распознавания воображаемых движений ног в системе в нейрореабилитации.

### **Основная часть.**

В ИМК для извлечения характерных признаков и классификации ЭЭГ-паттернов воображаемых движений используются методы машинного обучения. Долгое время, приблизительно до 2007 г., не существовало специализированных методов машинного обучения, учитывающих особенности ЭЭГ-данных. При анализе ЭЭГ-данных существуют следующие проблемы: вариабельность ЭЭГ сигналов, как для одного пользователя, так и для группы пользователей и низкое отношение сигнал/шум сигналов ЭЭГ. Для онлайн классификации можно выделить еще одну проблему: ограниченный объем обучающих данных, которые обычно доступны для калибровки классификаторов. В исследованиях по применению ИМК можно встретить ситуации, когда оффлайн классификация дает высокие результаты, а при тестировании алгоритма в режиме онлайн результаты ухудшаются. Надежный классификатор реального времени – это важная основа для ИМК, особенно в системах постинсультной реабилитации.

Классификация ЭЭГ-паттернов воображаемых движений в настоящее время во многих случаях решается с применением метода опорных векторов и нейронных сетей. Но при значительной вариабельности ЭЭГ-сигналов и низком соотношении сигнал/шум наилучшим способом является использование классификаторов на основе римановой геометрии. Такие классификаторы хорошо обобщают вариабельные паттерны и формируют сжатое представление признаков в виде ковариационной матрицы для наборов сигналов, снятых с

релевантных электродов. Далее классификацию ЭЭГ-паттернов можно проводить на основании метода минимальной римановой дистанции от среднего, или отображать ковариационные матрицы в евклидовом многообразии и производить линейную классификацию в данном пространстве. Заметим, что методы римановой геометрии можно использовать не только для прямой классификации, но и сочетать с другими методами машинного обучения.

В работе реализован алгоритм классификации ЭЭГ-паттернов воображаемых движений ног на основе минимальной римановой дистанции от среднего и произведено его тестирование в офлайн режиме в пяти сессиях на трех испытуемых.

### **Выводы.**

По результатам тестирования ИМК на основе методов римановой геометрии для классификации ЭЭГ-паттернов воображаемых движений ног, были получены следующие результаты: офлайн тестирование классификатора дало среднюю точность 71% (ожидались значения в диапазоне 80-90%), онлайн тестирование показало точность в 65% и 68%. Исследования в этом направлении предполагается продолжить в плане доработки текущей версии классификатора и его тестирования на большем количестве испытуемых с использованием различного монтажа оборудования и настройки классификатора.

Журавская А.