

Математическое моделирование влияния зрительной обратной связи на параметры электроэнцефалограммы при поддержании вертикальной позы

Коренко Н.П. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат технических наук Ковальчук С.В. (ИТМО)

Научный консультант – доктор биологических наук Кубряк О.В. (НИУ МЭИ)

Введение. Взаимодействие человека и робота формирует актуальную междисциплинарную область исследований, где ключевой задачей выступает оценка состояний человека в системе "человек – машина" с использованием сенсорного обеспечения [1,2].

Теория функциональных систем П.К. Анохина описывает организм как саморегулирующуюся систему, в которой достижение цели, являющейся основным принципом организации поведения [3], обеспечивается регулированием вклада сенсорных каналов в управление. Явление "сенсорного перевеса" демонстрирует адаптивность и чувствительность живой системы управления к изменяющимся условиям, проявляясь в случае физических повреждений тела или органов чувств. В связи с этим предложена идея дополнить систему органов чувств искусственными сенсорными компонентами [3], а также использовать данные электроэнцефалографии (ЭЭГ) для оценки состояния человека и его адаптивных возможностей в условиях изменяющейся сенсорной нагрузки.

Основная часть. В работе исследуется применение стабиллоплатформы как дополнительного сенсорного компонента для контроля положения центра массы человека, а также анализируются данные ЭЭГ для оценки изменений в электрической активности мозга в ответ на зрительную стимуляцию и двигательную активность. Устройство регистрирует данные о положении центра давления на опору и передаёт испытуемому визуальную информацию об отклонениях от вертикальной позы.

Процесс сбора данных разделён на несколько фаз. Испытуемый после минутного отдыха выполняет тест Ромберга с открытыми и закрытыми глазами. Далее с минутными перерывами следуют управляемые фазы, где испытуемый удерживает метку центра давления на платформу в целевой зоне на экране. В начале новой фазы скорость перемещения метки увеличивается с 100% до 175% с шагом 15%. В конце испытаний аналогичным образом проводится тест Ромберга. В течение двух недель описанная процедура повторяется, однако скорость метки в управляемых фазах уменьшается с 175% до 100% с шагом -15%. Для регистрации активности мозга испытуемого на протяжении всего эксперимента записывается электроэнцефалограмма. Ожидается, что информация с экрана вызывает специфические паттерны активности мозга.

В связи с этим целью работы является разработка методики повышения эффективности распознавания различных состояний человека по данным поверхностной ЭЭГ при использовании зрительной обратной связи по опорной реакции.

В рамках данного исследования решается ряд задач, направленных на изучение влияния зрительной обратной связи на параметры ЭЭГ при поддержании вертикальной позы. В частности, проведён анализ современных методов, позволяющих провести фильтрацию снятых сигналов ЭЭГ (фильтр медианный, Савицкого-Голея [4]). Для обработанных сигналов проанализирована мощность в различных частотных диапазонах (альфа, бета), как ключевой спектральной характеристики ЭЭГ. Это позволило выявить специфические паттерны активности мозга, связанные с обработкой зрительной информации и поддержанием равновесия. На основе полученных данных выполнено картирование мозга для выявления взаимосвязей между активностью различных отделов мозга и двигательной активностью испытуемого. Такой подход дал возможность определить ключевые зоны мозга, участвующие в обработке зрительной информации и регуляции позы, а также оценить их роль в процессе адаптации к изменяющимся условиям.

Выводы. Разработана математическая модель, описывающая взаимосвязь между параметрами ЭЭГ и различными состояниями человека при поддержании вертикальной позы с использованием зрительной обратной связи.

Список использованных источников:

1. Belhassein, K., Fernandez Castro, V., Mayima, A., et al. Addressing Joint Action Challenges in HRI: Insights from Psychology and Philosophy // *Acta Psychologica*. – 2022. – Vol. 222, no. 1. – Art. no. 103476.
2. Leichtmann, B., Nitsch, V., Mara, M. Crisis Ahead? Why Human-Robot Interaction User Studies May Have Replicability Problems and Directions for Improvement // *Frontiers in Robotics and AI*. – 2022. – Vol. 11, no. 9. – Art. no. 838116.
3. Кубряк О.В., Ковальчук С.В., Искусственный сенсорный компонент в системе человек-машина с комбинированной обратной связи // *Проблемы управления*. – 2024. – №6. – С. 27–37.
4. Kawala-Sterniuk A. et al., Comparison of Smoothing Filters in Analysis of EEG Data for the Medical Diagnostics Purposes // *Sensors*, 20(3), 2020, p. 19

Автор	_____	Коренко Н.П.
Научный руководитель	_____	Ковальчук С.В.
Научный консультант	_____	Кубряк О.В.