

## Применение двухстадийного алгоритма классификации ЭМГ-сигналов в задаче управления бионическим протезом руки

Научный руководитель – Гончарова Александра Владимировна

*Павлова Татьяна Дмитриевна*

*Студент (магистр)*

Национальный исследовательский университет «МИЭТ», Москва, Россия

*E-mail: pavlova@yandex.ru*

Основная функция бионического протеза заключается в оперативной и точной генерации управляющего сигнала, соответствующего намерению пользователя [1]. При этом современные алгоритмы управления, основанные на распознавании электромиографических (ЭМГ) сигналов сталкиваются с проблемой взаимосвязи точности распознавания и задержкой отклика [2].

Целью данной работы является исследование методов сокращения задержки контроллера протеза верхней конечности, а также разработка адаптивного алгоритма, позволяющего обеспечить снижение среднего времени отклика без существенного снижения точности распознавания.

Существует несколько работ, направленных на исследование методов сокращения времени отклика системы, которое трактуется как время от начала генерации ЭМГ-сигнала до верно предсказанной классификатором команды. Однако большинство из них направлено на уменьшение длины фиксированного окна анализа, что позволяет быстрее принимать решение, но приводит к снижению точности из-за потери информации в коротком сегменте сигнала [3,4]. Альтернативный подход использует адаптивное окно анализа, размер которого измеряется в зависимости от характеристик сигнала [5]. Такой подход существенно увеличивает вычислительную нагрузку, что критично для носимых устройств. Кроме этого, значительная часть существующих работ ориентирована на классические алгоритмы машинного обучения, которые уступают нейросетевым архитектурам в способности выделять сложные паттерны из нестационарных ЭМГ-сигналов.

Разработанный нейросетевой алгоритм формирования управляющего сигнала, направленный на сокращение времени смены движения, принимал на вход фиксированное окно длиной 100 мс с шагом перекрытия 25 мс. Полученная точность распознавания составила лишь 76 %, что экспериментально подтверждает ограниченность фиксированного окна анализа: оно не позволяет одновременно обеспечить высокую скорость отклика и достаточную достоверность классификации.

В данной работе предлагается алгоритм классификации, в основе которого лежит двухуровневая обработка ЭМГ-сигнала. На первой стадии на вход подается окно с длиной, лежащей в оптимальном диапазоне (200-300 мс) для времени отклика, по результатам анализа которого вычисляется метрика уверенности классификатора. Если на этом этапе предсказание признается ненадежным, активируется второй режим с увеличенным окном анализа, обеспечивающий необходимую точность распознавания с незначительным ростом задержки в единичных случаях.

Таким образом, предложенный алгоритм направлен на достижение компромисса: использование окна оптимальной длины для быстрого принятия решения и активация резервного режима с увеличенным окном в случаях низкой уверенности модели. Ожидается, что такой подход позволит сократить среднее время отклика контроллера без существенной потери точности.

### Источники и литература

- 1) 1. Гончарова, А. В. Адаптивный метод нейрореабилитации верхней конечности при случае пареза и парапареза, с нейросетевым алгоритмом управления и классификации патологии для мышц в постинсультный период / А. В. Гончарова, Г. А. Карнуп, Е. С. Шамин // Наука настоящего и будущего. – 2024. – Т. 3. – С. 65-72. – EDN NWQNXU.
- 2) 2. Smith L. H., Hargrove L. J., Lock B. A., Kuiken T. A. Determining the optimal window length for pattern recognition-based myoelectric control: Balancing the competing effects of classification error and controller delay // IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering. – 2010. – Vol. 19. – N. 2. – P. 186-192.
- 3) 3. Abbaspour S. et al. Real-time and offline evaluation of myoelectric pattern recognition for the decoding of hand movements // Sensors. – 2021. – Vol. 21. – N. 16. – P. 5677.
- 4) 4. Ashraf, H., Waris, A., Gilani, S. O., Kashif, A. S., Jamil, M., Jochumsen, M., & Niazi, I. K. Evaluation of windowing techniques for intramuscular EMG-based diagnostic, rehabilitative and assistive devices // Journal of Neural Engineering. – 2021. – Vol. 18. – N. 1. – P. 016017.
- 5) 5. Al-Timemy A. H., Bugmann G., Escudero J. Adaptive windowing framework for surface electromyogram-based pattern recognition system for transradial amputees // Sensors. – 2018. – Vol. 18. – N. 8. – P. 2402.