

Разработка методов искусственного интеллекта для управления внешними устройствами на основе ЭЭГ в замкнутом контуре биологической обратной связи

Е.П. Ивличев, С.Г. Сидоров

Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина

Настоящая работа посвящена разработке и исследованию методов искусственного интеллекта для управления внешними устройствами на основе данных ЭЭГ (электроэнцефалограммы) в контуре биологической обратной связи. В контексте нейроинтерфейсов снижение вычислительной сложности и размера моделей критически важно для обеспечения работы в реальном времени и использования в портативных системах. Цель данной работы – предложить методы сокращения количества слоев и параметров в нейронных сетях, сохраняя при этом высокую точность распознавания команд управления. Результаты показывают перспективность применения данной технологии в системах нейроинтерфейсов.

Преимуществом разработанной архитектуры является разделение обработки простых и сложных признаков ЭЭГ. Сложные признаки обрабатываются с применением многослойной бинарной нейронной сетей, обеспечивая их более точное представление, тогда как простые признаки обрабатываются в однослойной БНС. Классификация реализована с использованием последовательности условных операторов, оценивающих параметры признака, и передающих входные данные в соответствующую ветвь вычислительного графа. Такой подход позволяет повысить эффективность обучения и увеличить точность предсказаний.

Экспериментальная часть включала регистрацию сигналов ЭЭГ от 10 участников при выполнении задач по управлению внешними устройствами. ЭЭГ записывались системой Нейрон-Спектр-СМ с частотой дискретизации 16кГц. Данные ЭЭГ подвергались фильтрации и выделению признаков, после чего классифицировались при помощи разработанной архитектуры БНС. Полученные результаты показали, что точность классификации достигает 81.5%, при этом количество параметров сети снижено на порядок по сравнению с сверточными и рекуррентными нейронными сетями без классификации признаков [1–3].

В данной работе предложен новый подход к созданию легковесных и детерминированных систем управления на основе ЭЭГ, использующих бинарные нейронные сети и метод классификации признаков по сложности. Полученные результаты указывают на перспективность применения БНС для построения эффективных, быстро обучаемых и детерминированных систем мозг-компьютер. Результаты демонстрируют сокращение времени обучения и повышение точности классификации при использовании предложенных методов. В будущих исследованиях планируется дальнейшее изучение и оптимизация архитектур БНС, применение их в замкнутом контуре биологической обратной связи, а также изучение робастности систем к шумам и артефактам в данных ЭЭГ.

Литература

1. Schirrmeister R.T., Springenberg J.T., Fiederer L.D.J. et al. Deep learning with convolutional neural networks for EEG decoding and visualization // Human Brain Mapping. 2017. Vol. 38, no. 11. P. 5391–5420. DOI: 10.1002/hbm.23730.
2. Srinivasan G., Khosla P. Binary neural networks for efficient brain-computer interfaces // 2019 IEEE Biomedical Circuits and Systems Conference (BioCAS). IEEE, 2019. P. 1–4.
3. Alvarez F., López J.A. Fast and energy-efficient EEG classification with Binarized Neural Networks // Sensors. 2020. Vol. 20, no. 21. Article 6155.