

ОЧИСТКА ЭЭГ ОТ ЕДИНИЧНЫХ ВЫСОКОАМПЛИТУДНЫХ АРТЕФАКТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСПОЗНАВАНИЯ НАМЕРЕНИЙ ОБЕЗДВИЖЕННЫХ ПАЦИЕНТОВ

Щербина Д.Н.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия

Аннотация. Внедрение робототехнических систем в практику поддержки обездвиженных пациентов формирует новые вызовы к технике интуитивного нейроуправления. Критически важным становится безошибочное распознавание мысленных действий и намерений пациентов по сигналам, регистрируемым на поверхности скальпа методами хронической электроэнцефалографии. В работе предложен оригинальный метод удаления артефактов с использованием амплитудно-временного шаблона. Демонстрируется пример применения на артефактах в виде резкого скачка потенциала (electrode pop).

Absract. The introduction of robotic systems into the practice of supporting immobile patients is shaping new challenges to intuitive neurocontrol techniques. Accurate recognition of mental actions and intentions of patients by signals recorded on the surface of the scalp by chronic electroencephalography methods becomes critically important. An original method for removing artifacts using an amplitude-time template is proposed. An example of application on artifacts in the form of a sharp potential jump (electrode pop) is demonstrated.

Ключевые слова: ЭЭГ; артефакты; кросс-корреляция; ИМК; лежачие пациенты

Keywords: EEG; artifacts; cross-correlation; BCI; bedridden patients

Внедрение робототехнических систем в практику поддержки обездвиженных пациентов формирует новые вызовы к технике интуитивного нейроуправления. Критически важным становится безошибочное

распознавание мысленных действий и намерений пациентов по сигналам, регистрируемым на поверхности скальпа методами хронической электроэнцефалографии. В работе предложен оригинальный метод удаления артефактов с использованием амплитудно-временного шаблона. Демонстрируется пример применения на артефактах в виде резкого скачка потенциала (electrode pop).

The introduction of robotic systems into the practice of supporting immobile patients is shaping new challenges to intuitive neurocontrol techniques. Accurate recognition of mental actions and intentions of patients by signals recorded on the surface of the scalp by chronic electroencephalography methods becomes critically important. An original method for removing artifacts using an amplitude-time template is proposed. An example of application on artifacts in the form of a sharp potential jump (electrode pop) is demonstrated.

ЭЭГ; артефакты; кросс-корреляция; ИМК; лежачие пациенты

EEG; artifacts; cross-correlation; BCI; bedridden patients

Успешность управления внешними РТК в контуре нейророботической связи по показателям, рассчитываемых на основании электроэнцефалографического (ЭЭГ) сигнала, существенно зависит от помех немозгового происхождения. В то время как артефактная составляющая сигнала ЭЭГ, связанная с мышечной активностью (движениями), может быть даже более информативна, чем активность мозга, в отношении точности классификации намерений оператора [1], другие артефакты могут существенно ухудшить эффективность ИМК [2].

Одним из артефактов, которые могут вызывать сбой в работе преднастроенного классификатора ЭЭГ активности [3], является резкий скачок потенциала (в различных классификациях их называют abrupt impedance change, electrode pop), который возникает из-за движения волос при подсыхании геля или других микродвижениях электродов. На записи этот артефакт имеет треугольную форму с быстрым передним фронтом и

положим задним, экспоненциальный спад которого определяется частотой пропускания фильтра нижних частот [4]. При спектральном анализе Фурье высокоамплитудный резкий скачок вносит вклад во все анализируемые диапазоны: от дельта до гамма, что существенно нарушает работу пространственно-частотных детекторов ИМК.

Особенности резких скачков потенциала: (1) происходят в отдельных электродах, поэтому плохо выделяются средствами компонентного анализа; (2) не имеют выраженных закономерностей по времени возникновения; (3) могут заканчиваться длительным медленноволновым затуханием, которое трудно выделить из шума.

Первая задача – обнаружить данный вид артефакта – решалась методом кросскорреляционного «трафаретного» поиска по шаблону вдоль 2D гистограммы значений сигнала (match template). Шаблон поиска представлял собой матрицу со столбцом положительных значений для детекции переднего фронта, спереди и снизу ограниченного отрицательными значениями. Артефакт считали обнаруженным на уровне нормализованной корреляции $r=0.4-0.5$.

Вторая задача – подавление артефактов – решалась путем вычитания из исходного сигнала гладкой сегментной функции, имитирующей скачок. Характеристики сегментной функции подбирались путем уточнения моментов начала и окончания скачка и аппроксимацией предваряющего и последующего колебаний полиномами 8 степени (Рисунок 1).

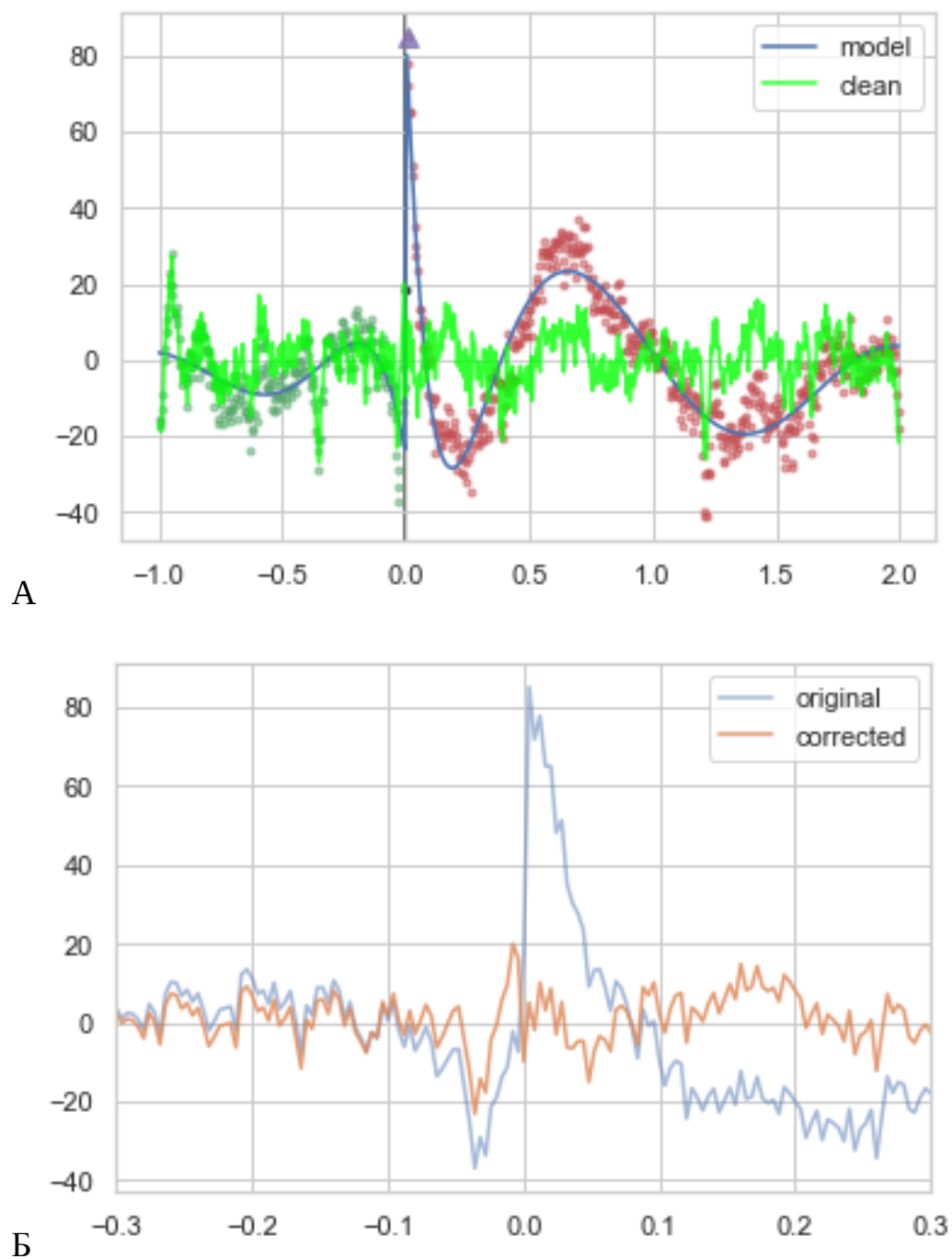


Рисунок 1 – Подавление артефакта путем вычитания из исходного сигнала гладкой сегментной функции, имитирующей скачок потенциала. А – модельная аппроксимация артефактного колебания. Б – сопоставление артефактного и очищенного сигнала. По оси абсцисс – время, с; по оси ординат – амплитуда, мкВ.

Описанный подход кросскорреляционного поиска по 2D гистограмме значений сигнала перспективен для поиска сложных мультимодальных паттернов вроде Пик-Волна, применим для спектрограмм.

Качественная очистка сигналов, генерируемых пациентами в контуре нейроуправления, является важным шагом на пути к возможности детекции единичных событий в ЭЭГ человека, которая может появиться уже в ближайшем будущем с развитием нейросетевых технологий.

Литература

1. McDermott E.J., Raggam P., Kirsch S., Belardinelli P., Ziemann U., Zrenner C. Artifacts in EEG-Based BCI Therapies: Friend or Foe?//Sensors, 2021, T. 22, Artifacts in EEG-Based BCI Therapies, N 1, C. 96.
2. Jafarifarmand A., Badamchizadeh M.A. EEG Artifacts Handling in a Real Practical Brain-Computer Interface Controlled Vehicle.//IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering: a publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2019.
3. Sazgar M., Young M.G. EEG Artifacts // Absolute Epilepsy and EEG Rotation Review: Essentials for Trainees / / eds. M. Sazgar, M.G. Young. – Cham: Springer International Publishing, 2019. – P. 149-162.
4. Barlow J.S. Automatic Elimination of Electrode-Pop Artifacts in//IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 1986, T. BME-33, N 5, C. 517-521.