

# Алгоритм обнаружения артефактов в данных длительного видео-ЭЭГ мониторинга

Д.М. Мурашов  
Федеральный исследовательский центр «Информатика и  
управление» РАН  
Москва, Россия  
d\_murashov@mail.ru

И.А. Кершнер  
Институт радиотехники и электроники  
им. В.А. Котельникова РАН  
Москва, Россия  
ivan\_kershner@mail.ru

Ю.В. Обухов  
Институт радиотехники и электроники  
им. В.А. Котельникова РАН  
Москва, Россия  
yuvobukhov@mail.ru

М.В. Синкин  
Научно-исследовательский институт скорой помощи им.  
Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения  
города Москва  
Москва, Россия  
mvsinkin@gmail.com

**Аннотация**— В работе предлагается алгоритм обнаружения артефактов в данных длительного видео-ЭЭГ мониторинга в задаче диагностики ишемии головного мозга после субарахноидального кровоизлияния. Алгоритм основан на пороговом детекторе по величине оптического потока, который вычисляется по кадрам видеозаписи длительного видео-ЭЭГ мониторинга.

**Ключевые слова**— видео-ЭЭГ мониторинг, артефакты, ишемия головного мозга

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Диагностика сосудистого спазма и ишемии мозга в самом начале ее развития является важнейшим этапом интенсивного лечения пациента с субарахноидальным кровоизлиянием (САК), поскольку существуют эффективные терапевтические и эндоваскулярные воздействия, позволяющие остановить и обратить этот процесс. Одним из эффективных средств ранней диагностики отсроченной ишемии мозга при САК является анализ сигналов электроэнцефалограмм (ЭЭГ) [1]. Применение ЭЭГ для диагностики отсроченной ишемии, возникающей у пациентов с САК, стало развиваться после изобретения цифровых энцефалографов с возможностью проведения многодневных записей и визуального представления данных. Изменения на ЭЭГ прямо связаны с показателями объемного кровотока [2]. Для детектирования этих показателей необходимо в реальном времени определять динамику спектральных характеристик многоканальной ЭЭГ. Эта задача решается с помощью методов, основанных на оконном преобразовании Фурье и вейвлет-преобразованиях с временным сдвигом. Однако искажения сигналов ЭЭГ, связанные с жизнедеятельностью пациента (например, движения пациента) и уходом за пациентом в отделении реанимации, могут ухудшить результаты диагностики и прогнозирования событий. Для детектирования и удаления артефактов жизнедеятельности пациента и артефактов, обусловленных работой медицинского персонала, целесообразно анализировать синхронные с ЭЭГ видеозаписи.

Известен ряд работ, в которых авторы с помощью анализа видеозаписей решают задачи измерения интенсивности движения и моторной активности новорожденных, детектирования клонических и миоклонических приступов у новорожденных, распознавания остановок дыхания после эпилептического приступа [3-5]. Признаки, необходимые для распознавания событий, извлекаются

при анализе оптического потока. В работах [6, 7] предложен алгоритм синхронного анализа сигнала ЭЭГ и видеозаписи для детектирования и дифференциации эпилептических приступов и артефактов жевания. Алгоритм комбинирует пороговый детектор мозговой активности по хребтам вейвлет-спектрограмм и пороговый детектор событий по величине оптического потока. Результаты анализа реальных клинических данных показали принципиальную возможность достоверно отличать артефакты от эпилептических приступов.

В представляемой работе для детектирования артефактов жизнедеятельности пациента и артефактов, обусловленных присутствием медицинского персонала, предлагается применять алгоритм обнаружения двигательной активности в кадрах видеозаписи, разработанный на основе алгоритма, предложенного ранее авторами [6, 7] для детектирования эпилептических приступов.

## 2. АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ В ДАННЫХ ВИДЕО-ЭЭГ МОНИТОРИНГА

Задача обнаружения артефактов при диагностике ишемии головного мозга имеет ряд особенностей, к которым относятся малая подвижность пациента после перенесенной операции, а также необходимость анализа видеозаписи в реальном времени. Эти особенности задачи не позволяют непосредственно применять алгоритм, предложенный в работах [6, 7]. Поэтому предлагается применять модификацию указанного алгоритма.

Обнаружение артефактов производится по величине показателя, характеризующего степень подвижности области интереса. Областью интереса является часть кадра, в которой виден пациент. В качестве показателя подвижности области интереса используется суммарная величина оптического потока, вычисляемого по кадрам видеопоследовательности. Модель измерения показателя представим следующим соотношением:

$$J(n) = \sum_{x=0}^{W-1} \sum_{y=0}^{H-1} \sqrt{V_x^2(x, y, n) + V_y^2(x, y, n)} + \delta(n), \quad (1)$$
$$n = 1, \dots, N,$$

где  $J(n)$  – величина показателя, вычисленная по кадру с номером  $n$ ;  $W, H$  – ширина и высота кадра;  $V_x(x, y, n)$  и  $V_y(x, y, n)$  – величины оптического потока по направлениям осей  $X$  и  $Y$  для кадра с номером  $n$  в

пикселе с координатами  $(x,y)$ ;  $\delta(n)$  – шум;  $N$  – число кадров видеозаписи. Так как в модели (1) присутствует шумовая составляющая, то при детектировании событий нужно использовать сглаженную величину показателя подвижности  $\hat{J}(n)$ , которая вычисляется с помощью дискретного алгоритма фильтрации Калмана-Бьюси. Решение об обнаружении артефакта (события) будет приниматься по пороговому правилу. Для исключения ложных срабатываний детектора из-за кратковременных всплесков  $\hat{J}(n)$  решение о появлении события будет приниматься в том случае, если величина  $\hat{J}(n)$  будет превышать заданный порог на последовательности кадров длиной не меньше, чем  $M$ . Решающее правило сформулировано в виде:

$$Event_1 = \begin{cases} 1, & \text{если } \hat{J}(n) \geq T \text{ и } n - n_0 \geq M; \\ 0, & \text{если } \hat{J}(n) < T \text{ или } n - n_0 < M, \end{cases}$$

где  $Event_1$  – индикатор события;  $T$  – порог;  $n_0$  – номер кадра, начиная с которого выполняется неравенство  $\hat{J}(n) \geq T$ ;  $M$  – длина последовательности кадров, необходимая для принятия решения о наличии артефакта. Порог вычисляется по формуле:

$$T = \hat{J}_0 + k\sigma,$$

где  $\hat{J}_0$  вычисляется как среднее значение  $\hat{J}(n)$  на фрагменте видеопоследовательности с низкой динамикой сцены,  $\sigma$  – среднеквадратическое отклонение величины  $\hat{J}(n)$ ,  $k$  – коэффициент. Значения параметров выбираются из условия обеспечения необходимой чувствительности алгоритма, задаваемой врачами-экспертами. В данной задаче выбрано  $k = 2$ , а  $M = 45$ . Чтобы повысить скорость работы алгоритма предложено анализировать только каждый пятый кадр видеозаписи. Низкая динамика сцены из-за малой подвижности пациентов позволила сократить число анализируемых кадров без существенной потери качества детектирования.

Для подтверждения возможности обнаружения артефактов движения в видеоканале данных видео-ЭЭГ мониторинга проведен вычислительный эксперимент на реальных клинических записях. Работа алгоритма фиксации артефактов проиллюстрирована на рис. 1. На рис. 1 показаны графики сглаженного показателя подвижности  $\hat{J}(t)$  (здесь  $t = nF_{rate}$ , где  $t$  – время, а  $F_{rate}$  – частота кадров видеозаписи) и индикатора  $Event_1$  для фрагмента видеозаписи длиной 180 секунд. Из графиков следует, что все интенсивные движения пациента и медицинского персонала зафиксированы алгоритмом. Качество детектирования оценивалось долей артефактов, зафиксированных алгоритмом относительно количества артефактов, отмеченных экспертом.

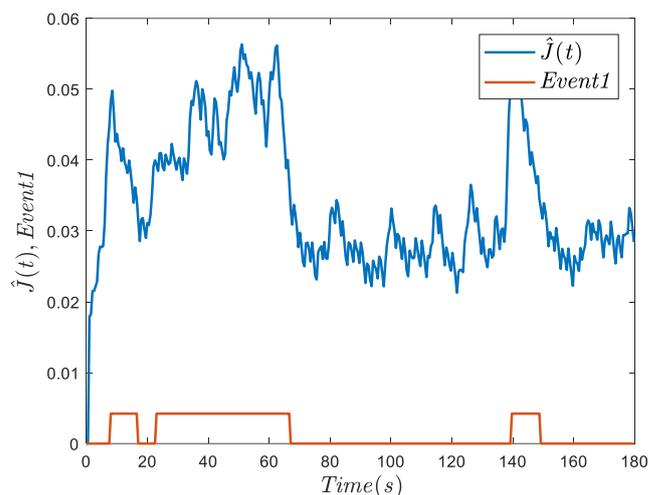


Рис. 1. Графики сглаженного показателя подвижности  $\hat{J}(t)$  и индикатора зафиксированных артефактов движения  $Event_1$

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложен алгоритм обнаружения артефактов в данных длительного видео-ЭЭГ мониторинга в задаче диагностики ишемии головного мозга после субарахноидального кровоизлияния. Определены значения параметров алгоритма и предложен способ повышения быстродействия. Вычислительный эксперимент подтвердил принципиальную возможность надежного обнаружения артефактов движения в данных длительного видео-ЭЭГ мониторинга.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-69-00102, <https://rscf.ru/project/22-69-00102/>.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Sharbrough, F.W. Correlation of continuous electroencephalograms with cerebral blood flow measurements during carotid endarterectomy / F.W. Sharbrough, J.M. Messick, T.M. Sundt // *Stroke*. – 1973. – Vol. 4(4). – P. 674–683.
- [2] Foreman, B. Quantitative EEG for the detection of brain ischemia / B. Foreman, J. Claassen // *Crit Care*. – 2012. – Vol. 16(2). – P. 216.
- [3] Cattani, L. Monitoring infants by automatic video processing: A unified approach to motion analysis / L. Cattani, D. Alinovi, G. Ferrari, R. Raheli, E. Pavlidis, C. Spagnoli, F. Pisani // *Computers in Biology and Medicine*. – 2017. – Vol. 80. – P. 158–165.
- [4] Geertsema, E.E. Automated non-contact detection of central apneas using video / E.E. Geertsema, G.H. Visser, J.W. Sander, S.N. Kalitzin // *Biomedical Signal Processing and Control*. – 2020. – Vol. 55. – P. 101658.
- [5] Van Westrhenen, A. Automated video-based detection of nocturnal motor seizures in children / A. van Westrhenen, G. Petkov, S. Kalitzin, R. Lazeron, R. Thijs. // *Epilepsia*. – 2020. – Vol. 61(S1). – P. S36–S40.
- [6] Murashov, D.M. An algorithm for detecting events in video EEG monitoring data of patients with craniocerebral injuries / D.M. Murashov, Y.V. Obukhov, I.A. Kershner, M.V. Sinkin // *Computer Optics*. – 2021. – Vol. 45(2). – P. 301–305.
- [7] Кершнер, И.А. Алгоритмы поддержки принятия решений при детектировании эпилептических приступов в данных длительного синхронного видео-электроэнцефалографического мониторинга / И.А. Кершнер, Д.М. Мурашов, Ю.В. Обухов, М.В. Синкин // *Радиотехника и электроника*. – 2021. – Т. 66, № 10. – С. 989–996.