

МЕТОДИКА ПОИСКА ПАТТЕРНОВ ПАТОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИГНАЛАХ ЭЭГ

Непрерывное развитие науки, техники, технологий занимает все более значимое место в улучшении уровня жизни, что не всегда положительно влияет на психоэмоциональное восприятие человека окружающей действительности и самого себя. Постоянное физическое, интеллектуальное и эмоциональное напряжение налагает определенный отпечаток на его здоровье: ухудшается психоэмоциональное физиологическое состояние. Вследствие чего появляются различные симптомы: быстрая утомляемость, низкая работоспособность, ощущение усталости, сонливость, частые головные боли, перепады давления, носовые кровотечения, что быть признаками различных заболеваний, в том числе и головного мозга: болезни Альцгеймера, эпилепсии, рассеянного склероза, опухоли мозга и др., которые нуждаются в безотлагательном лечении. Эффективное лечение зависит от ранней диагностики протекание патологического процесса. Одним из доступных методов исследования головного мозга является электроэнцефалография (ЭЭГ) - метод исследования деятельности головного мозга, основанный на суммарной регистрации биоэлектрической активности отдельных его зон и областей. ЭЭГ применяется в современной нейрофизиологии, а также в неврологии и психиатрии [1]. Очаговые неврологические поражения отражаются на ЭЭГ в виде патологических паттернов: спайки, острые волны или фокальные медленные волны, комплексы спайк-волн [2]. Поиск таких паттернов в настоящее время осуществляется либо в полуавтоматическом режиме, либо врачом путём просматривания всей электроэнцефалограммы. Это длительный процесс, требующий высокой квалификации от специалиста. Поэтому задачи автоматизации процесса анализа ЭЭГ, выявления патологических паттернов и определения их количественных характеристик являются актуальными.

Разработанный исследователями метод реализует автоматический поиск паттернов патологической активности, которые характеризуется частотой, амплитудой и фазой, с помощью вычисления непрерывного вейвлет-представления [3, 4]:

$$W(a,b) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \psi_{a,b}(t) dt, \quad (1)$$

где $\psi_{a,b}(t) = |a|^{-\frac{1}{2}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right)$ – базисная вейвлет-функция;

a, b – параметры, определяющие масштаб и смещение функции $\psi(t)$.

В результате анализа вейвлетограмм, которые были рассчитаны в среде MATLAB [6], получены параметры вейвлет-представления фрагментов ЭЭГ, которые были записанные с частотой дискретизации 500 Гц, содержащие паттерны «острая волна» и «спайк». Полученные параметры вейвлетограмм позволили вычислить коррелограммы:

$$K[n] = \sum_{i=0}^a \sum_{j=0}^h W^2(a_0 + \Delta a i, (n+j)T_d) \cdot V[i, j] \quad (2)$$

где $V[i, j]$ – корреляционная модель вейвлетограммы паттерна патологической активности (рисунке 2б);

a – число масштабов вейвлетограммы;

a_0 – начальное значение масштаба;

Δa – значение шага дискретизации по масштабам;

h – ширина окна анализа вейвлетограммы;

T_d – период дискретизации сигнала;

n – отсчёт дискретного времени.

Сравнение значений коррелограмм с пороговым значением $K_{пор}$, где $K_{пор}$ свидетельствовало о том, что сигнал соответствует норме, позволило установить соответствия для сигнала без паттерна патологической активности и при его наличии.

Разработанный метод автоматического детектирования паттернов патологической активности на основе непрерывного вейвлет-преобразования, сравнения вейвлетограмм с корреляционной моделью паттерна и пороговой функции коррелограмм позволил осуществить трёхмерную визуализацию автоматически детектированной патологической активности головного мозга [5]. Обработка ЭЭГ сигналов этим способом позволит автоматизировать процесс диагностики, освободит специалиста от рутинного труда, ускорит процесс получения результатов исследования. Разработанное программное обеспечение, реализующее данный метод, позволяет проводить визуализацию в режиме реального времени, что, в свою очередь, даёт возможность проводить терапию биологической обратной связи с пациентом.

Литература:

1. Гусев, Е.И. Неврология. Национальное руководство / Е.И. Гусев // Москва: Практика. – 1999.
2. Гнездицкий, В.В. Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография (картирование и локализация источников электрической активности мозга) / В.В. Гнездицкий // М.: МЕДпресс-информ, 2004. – 624 с.
3. Добеши, И.Р. Десять лекций по вейвлетам / И. Добеши // Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 464 с.
4. Короновский, А.А. Непрерывный вейвлетный анализ и его приложения / А. А. Короновский, А. Е. Храмов. // М.: Физматлит, 2003. — 176 с.
5. Высоцкий, О.П. Интерактивная трехмерная визуализация патологической активности головного мозга / Высоцкий О.П., Боброва Т.С., Змитрукевич Д.И., Овсянкина Г.И., Борискевич А.А., Давыдов М.В. // Доклады БГУИР. 2016 № 7 (101) – с. 163-166.
6. Menke, W. Environmental Data Analysis With MATLAB / Menke J., Menke W., // Proc.: Elsevier, 2011. – 288 с.