

СИСТЕМА ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ХАРАКТЕРНЫХ ОСЦИЛЛЯТОРНЫХ ПАТТЕРНОВ НА ЭЭГ

В.В. ГРУБОВ^{1,2}, А.Е. ХРАМОВ^{1,2}, А.А. КОРОНОВСКИЙ^{1,2}

¹*Саратовский государственный университет
ул. Астраханская, 83, г. Саратов, 4100123, Россия
hramovae@gmail.com*

²*Саратовский государственный технический университет
ул. Политехническая, 77, г. Саратов, 410054, Россия
vvgrubov@gmail.com*

Радиофизические методы анализа и диагностики поведения сложных колебательных систем все чаще находят применение в других областях науки, в том числе в медицине и физиологии. Особенно эффективными данные методы оказываются при анализе ритмической активности головного мозга. Изучение некоторых характерных ритмических компонент является важной задачей, для решения которой подходят непрерывный вейвлетный анализ и преобразование Гильберта-Хуанга.

Ключевые слова: радиофизика, нелинейная динамика, нейрофизиология, непрерывное вейвлетное преобразование, преобразование Гильберта-Хуанга, электроэнцефалограмма.

Традиционно в нейрофизиологических исследованиях для анализа работы головного мозга используется запись электроэнцефалограмм (ЭЭГ) [1]. ЭЭГ представляет собой усредненную сумму токов, генерируемых группой нейронов в области регистрирующего электрода. На сигнале ЭЭГ принято выделять несколько частотных диапазонов (альфа, бета, гамма и т.д.). Доказано, что существует четкая корреляция между характером ритмической активности на ЭЭГ в определенном частотном диапазоне (наличием того или иного ритма или осцилляторного паттерна) и функциональным состоянием организма. Таким образом, важной задачей при исследовании нервной системы является изучение определенных осцилляторных паттернов, а также закономерностей их появления на ЭЭГ в различных состояниях живого организма.

Одним из типов осцилляторной активности на ЭЭГ, проявляющейся во время сна, являются сонные веретена и пик-волновые разряды [2]. Интерес к изучению данных паттернов продиктован их связью с эпилепсией. Известно, что нейронная сеть, в норме генерирующая сонные веретена, при определенных условиях может порождать эпилептическую активность – пик-волновые разряды. Пик-волновые разряды служат диагностическим признаком абсанс-эпилепсии, и их появление на ЭЭГ сопровождается характерными клиническими проявлениями. Существует связь между нейрофизиологическими механизмами пик-волновых разрядов и сонных веретен, но эта связь оказывается сложной и неочевидной.

Целью данного исследования является разработка эффективной системы для распознавания сонных веретен и пик-волновых разрядов на ЭЭГ при помощи радиофизических методов анализа сигналов. В основе предложенной системы распознавания лежат непрерывный вейвлетный анализ и метод разложения сигнала по эмпирическим модам (преобразование Гильберта-Хуанга).

Непрерывное вейвлетное преобразование (НВП) [3] представляет собой свертку исследуемого сигнала ЭЭГ, $x(t)$, и набора базисных функций $\varphi_{s,t}$:

$$W(s, \tau) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \varphi_{s, \tau}^*(t) dt, \quad \varphi_{s, \tau}(t) = \frac{1}{\sqrt{s}} \varphi_0\left(\frac{t - \tau}{s}\right) \quad (1)$$

где s – временной масштаб, определяющий растяжение или сжатие материнской функции, τ – временной сдвиг вейвлетного преобразования, $\varphi_0(\eta)$ – материнский вейвлет.

В работе [4] НВП использовалось для эффективного частотно-временного анализа экспериментальных записей ЭЭГ и продемонстрировало высокую эффективность. Таким образом, НВП прекрасно подходит для решения задачи автоматического распознавания характерных паттернов на ЭЭГ.

Другим методом частотно-временного анализа нестационарных сигналов является разложение по эмпирическим модам (ЭМ), которое позволяет дает возможность провести локальную декомпозицию сигнала, разделив его на отдельные составляющие (моды) с характерными частотами, которые расположены по мере убывания базовой частоты. [5]. В работе [4] было показано, что отдельные ЭМ можно использовать для экспресс-анализа записей ЭЭГ и выделения некоторых характерных осцилляторных паттернов. Это наблюдение легло в основу предлагаемой в данной работе системы автоматического распознавания осцилляторных паттернов на ЭЭГ.

Суть метода, который базируется на результатах работ [6, 7], заключается в следующем. Вместо ЭЭГ анализировалась первая эмпирическая мода, для которой выполнялось НВП и рассчитывались усредненные по характерному частотному диапазону F_s значения энергии $W(t)$:

$$W(t) = \int_{F_s} |W(f_s, t)|^2 df_s \quad (2)$$

Выделение сонных веретен и пик-волновых разрядов проводится в соответствующих им частотных диапазонах. При превышении усредненной энергией $W(t)$ экспериментально определяемого порогового значения $W_{кр}$, делается вывод о наличии в сигнале сонного веретена или пик-волнового разряда в данный момент времени.

Исследование выполнено при поддержке РФФИ (грант 14-02-31235) и программы «УЧАСТНИК МОЛОДЕЖНОГО НАУЧНО-ИННОВАЦИОННОГО КОНКУРСА» («УМНИК»).

Список литературы

1. *Niedermeyer E., Fernando L.S.* Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields. Lippincott Williams and Wilkins, 2004.
2. *De Gennaro L., Ferrara M.* // Sleep Med. Rev. 2003. V. 7. P. 423.
3. *Короновский А.А., Храмов А.Е.* Непрерывный вейвлетный анализ и его приложения. М.: Физматлит, 2003.
4. *Грубов В.В., Ситникова Е.Ю., Короновский А.А. и др.* // Изв. РАН. Серия физическая. 2012. № 12 (76). С. 1520-1523.
5. *Huang N.E., Shen Z., Long S.R. et al.* // Proc. R. Soc. A. 1998. V. 454. P. 903.
6. *Sitnikova E., Hramov A.E., Koronovskii A.A. et al.* // J. Neurosci. Methods. 2009. V. 180. P. 304.
7. *Овчинников А.А., Храмов А.Е., Люттьеханн А. и др.* // ЖТФ. 2011. Т. 81. С. 3.