

**Многомасштабный динамический анализ
корреляционного типа в исследовании ЭЭГ записей
эпилептических разрядов**

Анциперов В. Е., Морозов В. А., Обухов Ю. В.
antciperov@cplire.ru

Москва, Институт радиотехники и электроники РАН

В докладе излагаются результаты применения разработанного авторами метода многомасштабного динамического анализа нестационарных процессов к задачам локализации и определения динамических характеристик эпилептических разрядов. Обсуждаются основы время-временного графического представления, приведена интерпретация типичных фрагментов представления; для типичных фрагментов приведены иллюстрации на основе реальных ЭЭГ записей.

Многомасштабный динамический корреляционный анализ

На протяжении ряда лет авторы доклада занимались проблемой исследования нестационарных сигналов медико-биологического происхождения, используя аппарат коротких кросс-корреляционных функций [1–3]. В результате удалось выявить ряд значимых характеристик коротких корреляционных функций, а именно — значения и положения боковых пиков, и интерпретировать эти параметры в терминах степени квазипериодичности, значений периода основного колебания, его динамики и т. д.

Изначально короткие корреляционные функции формировались на некоторых характерных для сигнала, но фиксированных временных окнах. В дальнейшем было обнаружено, что гораздо лучшие и полные результаты получаются, если подобный анализ проводить на нескольких временных масштабах, т. е. если положить многомасштабность в основу разрабатываемого подхода. Однако, при этом возникает проблема большого числа переменных параметров метода — текущее время, размер окна, временной сдвиг — что приводит к потере наглядности и обзорности представления. Решением проблемы послужила одна из идей вейвлетного частотно-временного анализа. Преимущество вейвлетных преобразований состоит в использовании переменных временных окон: малых для высоких частот и больших для низких. Во время-временном анализе, где период обратно пропорционален частоте, это означает, что для подчеркивания квазиколебаний с малым периодом необходимо использовать малые окна, для обнаружения больших периодов — большие.

В итоге, для обнаружения квазипериодических фрагментов (в частности, эпилептического разряда) была выбрана следующая мера квазипериодичности:

$$r(t, \vartheta) = \frac{\int G^2(2t'/\vartheta)x(t'+t-\vartheta/2)x(t'+t+\vartheta/2)dt'}{\sqrt{\int G^2(2t'/\vartheta)x^2(t'+t-\vartheta/2)dt'}\sqrt{\int G^2(2t'/\vartheta)x^2(t'+t+\vartheta/2)dt'}}$$

где t — текущее время, θ — временная шкала метода, $x(t')$ — анализируемый сигнал, $G(t')$ — масштабирующее окно. Для представления динамических характеристик сигнала используется плоскость (t, θ) с раскраской псевдоцветом величины меры $r(t, \theta)$.

Исследование ЭЭГ записей эпилептических разрядов

Наблюдаемые на электродах спонтанные колебания электрических потенциалов мозга на интервалах эпилептического разряда имеют вид пакетов квазипериодических колебаний со средней частотой 3–5 Гц («тэта-диапазон»). Длительность и форма элементарных сигналов в таком пакете варьируют от «периода» к «периоду», но в целом приближённо периодическая структура пакета сохраняется достаточно долго (вполне реально в течение 5–10 секунд).

Поскольку изучаемый процесс явно обладает временной многомасштабностью, предложенный метод должен позволить судить в рамках единого образа о динамике процесса, как на масштабе порядка основного периода ($T = T_0 + \delta_i$), так и на значительно более длительных интервалах при априори неизвестной и, часто, достаточно сложной форме элементарных сигналов.

В наших исследованиях анализируемая метрика $r(t, \theta)$ представляет собой коэффициент корреляции исследуемой реализации $x(t)$ для двух соседних интервалов («полуокон») равной длительности ($T_1 = T_2 = \theta$), сдвинутых на θ . Специфика такого построения метрики в том, что временной масштаб фигурирует одновременно в длительности и сдвиге полуокон, по которым формируется коэффициент корреляции $r(t, \theta)$. Многомасштабность процесса определяет отображение используемой метрики на плоскости $(t - \theta)$. (Предполагаем, что средние значения выборок удалены на этапе предварительной обработки.)

Рельеф $r(t, \theta)$ на плоскости $(t - \theta)$ передаётся условным цветом и формируемая картина даёт хорошее зрительное представление о периодичности исходного процесса и её нарушениях в виде вариаций основной частоты и фазы основного «ритма». На Рис. 1 представлены наиболее часто встречающиеся фрагменты представления ЭЭГ записей эпилептических разрядов.

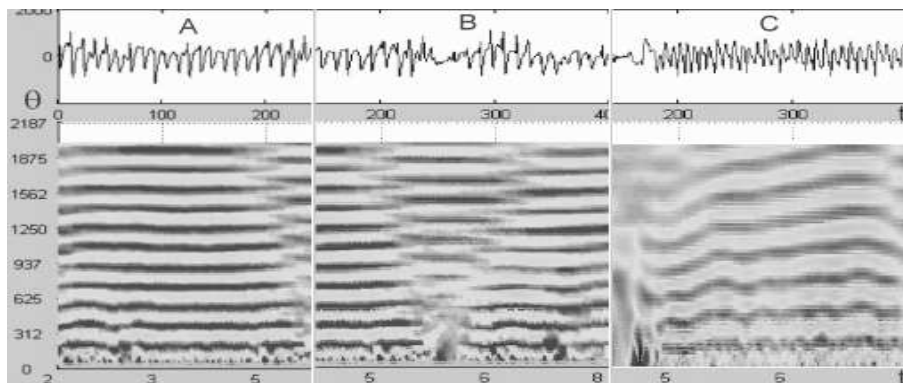


Рис. 1. Типичные фрагменты представления ЭЭГ записей: А: Стационарный участок разряда; В: Скачок фазы внутри разряда; С: Тренд основного периода разряда.

Заклучение

Разработанное представление для ЭЭГ записей эпилептических разрядов оказывается в высокой степени информативным и легко интерпретируемым. С его помощью можно «на взгляд» определить границы разряда, особенности его динамики, такие как стационарность, уход частоты колебаний, наличие фазовых скачков.

Авторы надеются, что предложенный анализ и его дальнейшее развитие будут столь же плодотворны, как и ставшие общепринятыми спектральный или вейвлетный подходы.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проекты №06-01-00754-а, №06-07-89302-а.

Литература

- [1] Antciperov W. E. Vowels Detection / Recognition on the Base of Short Cross-correlation Function Side Peak Parameters // Proc. of 11-th Int. Conference Speech and Computer (SPECOM'2006), S-Peterburg: 2006. — P. 400.
- [2] Antciperov V. E., Morozov V. A. The Dynamics of Characteristics of Short Autocorrelation Functions of Speech Signals // J. Communications Technology and Electronics. — 2004. — V. 49, No. 12. — Pp. 1333–1341.
- [3] Antciperov V. E., Morozov V. A., Nikitov S. A. Isolated-Word Segmentation Based on the Dynamics of the Parameters of Short Correlation Functions // J. Communic. Technology and Electronics. — 2006. — V. 51, No. 12. — P. 1356.