

# Локальные спектральные и релаксационные особенности дискретной стохастической эволюции живых систем<sup>1</sup>

Дёмин Сергей Анатольевич<sup>2</sup>

научный сотрудник

Казанский государственный университет, физический факультет, Казань, Россия

E-mail: sergey@theory.kazan-spu.ru

В работе рассмотрены локальные особенности и закономерности, проявляющиеся в стохастическом поведении живых систем. Эти закономерности обнаруживаются посредством применения специфических процедур локализации<sup>3</sup>. Суть подобных процедур состоит в извлечении информации о локальных особенностях временных сигналов и изучении локальной структуры исследуемой совокупности сигналов. Оконно-временное поведение спектра мощности исходной временной корреляционной функции (ВКФ) и функций памяти старшего порядка, частотной зависимости параметра немарковости отражает уникальные особенности в поведении живых систем и структуре временных сигналов. Локальное представление временных зависимостей кинетических и релаксационных параметров позволяет провести анализ стохастических особенностей каждого из участков исходной временной серии в отдельности. Данные параметры обладают прогностическими возможностями и могут служить своеобразными предикторами динамической перемежаемости. Вычисленные в работе локальные параметры и характеристики оказались весьма полезными и эффективными в физике живых систем и медицине.

## Введение

Изучение свойств и особенностей стохастической эволюции сложных систем разной природы является одной из наиболее важных и актуальных задач современной статистической физики. В настоящее время для исследования стохастических особенностей открытых сложных систем (физических, химических, биологических, живых, социальных) активно используются разнообразные статистические методы анализа сигналов разной сущности: корреляционный и регрессивный анализ; дисперсионный факторный и ковариационный анализ; фрактальный и мультифрактальный анализ; детрендированный флуктуационный анализ; методы, развиваемые в рамках теории детерминированного хаоса и нелинейной динамики; классический Фурье-анализ и вейвлет-анализ; фликкер-шумовая спектроскопия и т.д. Кроме указанных традиционных методов анализа сигналов и, прежде всего, временных серий, в настоящее время осуществляется поиск и разработка альтернативных и дополнительных источников информации о локальных свойствах и динамических особенностях сложных систем.

## Методы

Подобные закономерности обнаруживаются с помощью локализации динамических, кинетических и релаксационных переменных, и частотных спектров вычисленных характеристик, позволяющих получить детальную информацию о живых системах. Преимущество данных процедур заключается в нахождении информации об отдельных локальных особенностях и закономерностях эволюции сложных систем. Реализация каждой процедуры локализации предполагает следующий алгоритм действий: предварительный выбор оптимальной длины выборки, разбиение исходной временной серии, построение локальных характеристик для каждой выборки. Для

<sup>1</sup> Тезисы доклада основаны на материалах исследований, проведенных в рамках гранта Российского Фонда Фундаментальных Исследований (грант № 05-02-16639-а) и гранта Федерального агентства по образованию Министерства образования и науки Российской Федерации (грант № РНП.2.1.1.741).

<sup>2</sup> Автор выражает признательность профессору, д.ф.-м.н. Юльметьеву Р.М. за оказание помощи в подготовке тезисов.

<sup>3</sup> Локализация (лат. localis – местный, locus -место) - отнесение чего-либо к определённому месту, ограничение места действия, распространения какого-либо явления, процесса более тесными границами, территориальными пределами; связанность с определенным местом (Современный энциклопедический словарь).

локального представления мы используем две процедуры, введенные на основе теории дискретных немарковских случайных процессов [1].

### Результаты

Первая процедура локализации - оконно-временное построение спектров мощности ВКФ, функций памяти и частотной зависимости параметра немарковости, оказалась весьма полезной при анализе стохастической динамики интервала  $RR$  человека, временных вариаций электрических потенциалов ЭЭГ человека, временных изменений скорости патологического тремора конечностей человека при болезни Паркинсона.

Используя вторую процедуру локализации, можно выполнить построение локальных кинетических  $\lambda_i$  и релаксационных параметров  $\Lambda_i$ . Кинетические и релаксационные параметры предоставляют дополнительную информацию о релаксационных особенностях временных сигналов, продуцируемых живыми системами. Данная процедура нашла эффективное применение в анализе сигналов МЭГ здоровых людей и пациента с фоточувствительной эпилепсией, временных изменений интервала  $RR$ , временной эволюции эпидемических процессов гриппа и ОРЗ.

Полученные результаты позволяют: (i) выявить существенные различия в релаксационных процессах, проявляющихся в динамике интервала  $RR$  для разных возрастных групп, а также возрастные изменения, связанные с дыхательной аритмией [2], (ii) обнаружить своеобразные предвестники возникновения эпилептического приступа [3] и предикторы изменения скорости патологического тремора при болезни Паркинсона [4,5], (iii) провести количественную оценку скорости протекания релаксационных процессов в динамике эпидемий гриппа и ОРЗ [6].

### Заключение

Представленная в данной работе техника построения локальных временных окон позволяет выявить уникальные особенности и закономерности отдельных характеристик и свойств живых систем. В частности, локализованные спектральные характеристики, а также локальное представление временных зависимостей кинетических и релаксационных процессов оказались полезными при анализе временных сигналов в кардиологии, нейрофизиологии, эпидемиологии, при изучении сенсомоторной и локомоторной деятельности человека и т.д.

Подробнее с результатами данной работы будут в ближайшее время опубликованы в российском журнале "Технологии живых систем".

### Литература

1. Yulmetyev, R., Hänggi, P., Gafarov, F. (2000) Stochastic dynamics of time correlation in complex systems with discrete current time // Phys. Rev. E, № 62 (5), p. 6178-6194.
2. Yulmetyev, R.M., Demin, S.A., Panishev, O.Yu., Hänggi, P. (2005) Age-related alterations of relaxation processes and non-Markov effects in stochastic dynamics of R-R intervals variability from human ECGs // Physica A, № 353, p. 336-352.
3. Yulmetyev, R.M., Hänggi, P., Gafarov, F.M. (2003) Stochastic processes of demarkovization and markovization in chaotic signals of the human brain electric activity from EEGs at epilepsy // JETP, № 123 (3), p. 643-652.
4. Yulmetyev, R.M., Demin, S.A., Panishev, O.Yu., Hänggi, P., Timashev, S.F., Vstovsky, G.V. (2006) Regular and stochastic behavior of Parkinsonian pathological tremor signals // Physica A, № 369, p. 655-678.
5. Yumetyev, R.M., Demin, S.A., Panishev, O.Yu. (2006) A chaotic test for Parkinson's // New Scientist, № 190 (2546), p. 21.
6. Yulmetyev, R.M., Emelyanova, N.A., Demin, S.A., Gafarov, F.M., Hänggi, P., Yulmetyeva, D.G. (2004) Non-Markov stochastic dynamics of real epidemic process of respiratory infections // Physica A, № 331, p. 300-318.