

Новый метод анализа эффектов памяти во временных сериях со случайным шагом дискретизации¹

Зарипов Равиль Радикович²

студент

*Татарский государственный гуманитарно-педагогический университет,
физический факультет, Казань, Россия*

E-mail: ra_99@mail.ru

Введение

Большинство объектов окружающего мира представляют собой системы, состоящие из большого (порой бесконечного) числа взаимодействующих элементов, каждый из которых оказывает влияние на поведение всей системы. Исследование динамических особенностей сложных систем в настоящее время является одной из наиболее важных и актуальных задач статистической физики.

Для исследования сложных систем активно используются разнообразные статистические методы анализа сигналов (корреляционный и регрессивный, дисперсионный и ковариационный, фрактальный и мультифрактальный, фликкер-шумовая спектроскопия и т.д.). Данные методы находят широкое применение при решении различных задач в сейсмологии, акустике, медицине, астрофизике и других областях человеческой деятельности.

Как правило, при использовании вышеупомянутых методов анализа осуществляется обработка дискретных экспериментальных серий. При этом регистрация какого-либо показателя или параметра исследуемого объекта выполняется через постоянные промежутки времени. Так же, характерной особенностью большинства традиционных методов анализа временных серий является повышение степени достоверности извлекаемой информации при увеличении статистики (массива) регистрируемых экспериментальных данных.

Однако существует особый класс сложных систем и природных объектов, для которых регистрация экспериментальных параметров и характеристик в силу некоторых причин не может быть осуществлена с постоянным шагом дискретизации. Это связано с физической природой исследуемой системы или техническими ограничениями регистрирующей аппаратуры. Усреднение неравноинтервальных экспериментальных данных, которое проводится в таких случаях, приводит к неизбежной потере части извлекаемой информации, а также к большим погрешностям полученных результатов.

Методы

В данной работе представлен новый метод анализа неравноинтервальных временных серий. Метод основан на статистической теории дискретных немарковских случайных процессов [1,2]. Предлагаемый метод позволяет осуществить непосредственную обработку всего спектра “сырых” экспериментальных данных, регистрируемых со случайным шагом дискретизации. Главная идея нового метода заключается в переходе от описания корреляций и флуктуаций в обычной временной шкале к описанию динамики корреляций в линейной шкале событий. При этом временные сигналы, продуцируемые сложными системами, фиксируются в виде последовательности событий.

Результаты

В качестве приложения нового подхода в работе выполнен сопоставительный анализ двух типов экспериментальных данных: равноинтервальных временных серий и временных серий с переменным шагом дискретизации. Была проанализирована стохастическая динамика полного потока рентгеновского излучения микроквара GRS 1915+105 и аккрецирующего астрофизического объекта Cygnus X-1 [3].

¹ 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).

² Автор выражает признательность н.с. Дёмину С.А. за оказание помощи в подготовке тезисов.

Полученные результаты позволяют выявить: (i) проявление квазимарковских эффектов в динамике полного потока рентгеновского излучения микроквара GRS 1915+105, (ii) усиление эффектов кратковременной памяти в стохастической динамике потока рентгеновского излучения аккрецирующего астрофизического объекта Cygnus X-1. В динамике полного потока рентгеновского излучения отчетливо различимы временные масштабы, связанные с периодическими особенностями данных астрофизических объектов. Предложенные в работе кинетические, релаксационные параметры и меры памяти эффективно описывают релаксационные особенности и эффекты памяти в дискретной стохастической эволюции астрофизических объектов [4].

Заключение

Полученные в данной работе результаты указывают на заметное искажение информации, извлекаемой из усредненных по дням значений потока рентгеновского излучения астрофизических объектов.

Таким образом, работа демонстрирует определенные преимущества статистического анализа случайных физических процессов в событийной шкале.

Литература

1. Yulmetyev, R., Hänggi, P., Gafarov, F. (2000) Stochastic dynamics of time correlation in complex systems with discrete time // Phys. Rev. E, № 62 (5), p. 6178-6194.
2. Yulmetyev, R., Hänggi, P., Gafarov, F. (2002) Quantification of heart rate variability by discrete nonstationary non-Markov stochastic processes // Phys Rev. E, № 65, p. 046107-1-15.
3. <http://xte.mit.edu>
4. Yulmetyev, R.M., Demin, S.A., Khusnutdinov, R.M., Panishev, O.Yu, Hänggi, P. (2006) Non-Markov statistical effects of X-ray emission intensity of the microquasar GRS 1915+105 // Nonlinear Phenomena in Complex Systems, № 9 (4), p. 313-330.