

Применение методов нелинейной динамики для количественно-качественной оценки свойств 2D-моделей S-хаоса

А. А. Гавришев^{1*}

¹ ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Ставрополь, Россия

* rammsteinstav@yandex.ru

Аннотация. В данной статье путем совокупного применения программ E&F Chaos, Past, Fractan, Visual Recurrence Analysis, EvIEWS Student Version Lite проведено математическое, численное и компьютерное моделирование некоторых из известных 2D-моделей S-хаоса, исследование полученных данных с помощью методов нелинейной динамики и установление факта их отношения или неотношения к хаотическим (квазихаотическим) процессам. В результате установлено, что полученные для исследуемых 2D-моделей S-хаоса временные диаграммы имеют сложный шумоподобный вид и являются непрерывными во временной области. Полученные спектральные диаграммы имеют как сложный шумоподобный, так и регулярный вид и являются непрерывными в спектральных областях. Полученные значения BDS-статистики показывают, что часть временных реализаций можно отнести к хаотическим (квазихаотическим) процессам. Также полученные значения BDS-статистики показывают, что исследуемые 2D-модели S-хаоса обладают свойством, характерным для классических хаотических (квазихаотических) процессов: малейшее изменение начальных условий влечет за собой генерирование нового набора сигналов. Полученные значения нижней границы КС-энтропии показывают, что исследуемые модели также обладают свойствами хаотичности (квазихаотичности). С учетом проведенных исследований и данных из известных работ [1–5] возможно заключить, что 2D-модели S-хаоса могут относиться к хаотическим (квазихаотическим) процессам.

Ключевые слова: моделирование, методы нелинейной динамики, комплекс программ, S-хаос, количественно-качественная оценка

Для цитирования: Гавришев А. А. Применение методов нелинейной динамики для количественно-качественной оценки свойств 2D-моделей S-хаоса // Прикладная информатика. 2021. Т. 16. № 1. С. 125–143. DOI: 10.37791/2687-0649-2021-16-1-125-143

Application of nonlinear dynamics methods for quantitative and qualitative evaluation of properties of 2D models of S-chaos

A. Gavrishchev^{1*}

¹ North-Caucasus Federal University (NCFU), Stavropol, Russia

* rammsteinstav@yandex.ru

Abstract. In this article, based on the mathematical, numerical and computer modeling carried out by the combined application of E&F Chaos, Past, Fractan, Visual Recurrence Analysis, Eviews Student Version Lite programs, some of the well-known 2D models of S-chaos are modeled, the data obtained are studied using nonlinear dynamics methods and the fact of their relation or non-relation to chaotic (quasi-chaotic) processes is established. As a result, it was found that the time diagrams obtained for the studied 2D models of S-chaos have a complex noise-like appearance and are continuous in the time domain. The resulting spectral diagrams have both a complex noise-like and regular appearance and are continuous in the spectral regions. The obtained values of BDS-statistics show that some of the time implementations can be attributed to chaotic (quasi-chaotic) processes. Also, the obtained values of BDS-statistics show that the studied 2D models of S-chaos have a property characteristic of classical chaotic (quasi-chaotic) processes: the slightest change in the initial conditions leads to the generation of a new set of signals. The obtained values of the lower bound of the KS-entropy show that the studied models also have the properties of chaotic (quasi-chaotic). Taking into account the conducted research and data from known works [1–5], it is possible to conclude that 2D models of S-chaos can relate to chaotic (quasi-chaotic) processes.

Keywords: modeling, methods of nonlinear dynamics, software program complex, S-chaos, quantitative and qualitative evaluation

For citation: Gavrishchev A. Application of nonlinear dynamics methods for quantitative and qualitative evaluation of properties of 2D models of S-chaos. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2021, vol.16, no.1, pp.125-143 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2021-16-1-125-143

Введение

Известно, что трехмерные динамические системы с непрерывной правой частью (гладкие) могут демонстрировать колебания любой сложности – периодические и хаотические. Гладкие двумерные (2D) динамические системы уже не могут демонстрировать хаос. Однако 2D-системы с разрывной правой частью (сингулярные) могут демонстрировать необычную аperiodическую динамику, получившую в литературе название сингулярного хаоса (S-хаоса) [1–5]. Первые 2D-модели были получены

Диксоном и соавторами из 3D-модели магнитного поля нейтронной звезды [1–5]:

$$\begin{cases} x' = xy / (x^2 + y^2) - ax \\ y' = y^2 / (x^2 + y^2) - by - c \end{cases}, \quad (1)$$

где a , b , c – параметры.

Диксон и соавторы пришли к выводу, что колебания, получаемые с помощью (1), обладают следующими свойствами, делающими их похожими на хаотические процессы [5]:

- 1) они обладают положительным максимальным показателем Ляпунова λ_{\max} ;
- 2) они позволяют генерировать колебания сложного вида;