

Динамика неоднородной сети нелокально связанных хаотических отображений*

В. А. Нечаев[✉], Е. В. Рыбалова

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского

[✉] nechaev.vas2021@bk.ru

В начале 21-го века мировым научным сообществом были открыты новые типы пространственно-временных структур, их назвали химерными состояниями. Они были впервые описаны японскими физиками Ю. Курамото и Д. Баттогтох в 2002 году [1]. Под химерными структурами понимают динамический режим в ансамбле, при котором наблюдается сосуществование кластеров с когерентной и некогерентной динамикой. Впервые данный термин – химера – был предложен в работе Д. Абрамса и С. Строгатса [2].

Данная работа направлена на изучение влияния неоднородности управляющих параметров парциальных элементов кольца нелокально связанных хаотических отображений на формирование химерных структур и на интервал силы внутрислойной связи, в котором могут наблюдаться химеры. Для введения неоднородности в работе используются генераторы шума с нормальным и равномерным распределением.

Изучаемая система описывается следующим уравнением:

$$x_i^{t+1} = f(x_i^t) + \frac{\sigma}{2R} \sum_{j=i-R}^{i+R} [f(x_j^t) - f(x_i^t)], \quad (1)$$

$$f(x_i^t) = \alpha_i^t x_i^t (1 - x_i^t) = (\alpha_0 + D_\alpha \xi_i^t + A_\alpha \psi_i^t) x_i^t (1 - x_i^t),$$

где x_i^t – динамическая переменная, t – дискретное время, $i=1, 2, 3, \dots, N$ – номер осциллятора, $N = 1000$ – общее количество элементов в ансамбле, σ – коэффициент нелокальной связи (сила связи) i -го осциллятора с $R = 320$ соседями слева и справа, $\alpha_0 = 3.8$ – управляющий параметр отображения, что соответствует хаотическому режиму логистическому отображению. Начальные значения всех отображений случайно распределены в интервале $[0 : 1]$, всего анализируется 50 различных начальных условий. Неоднородность вводится в параметр α : ξ – генератор шума с равномерным распределением в интервале $[-D_\alpha : D_\alpha]$, D_α – ширина интервала распределения случайной величины, ψ – генератор шума со

*Работа поддержана РФФИ и DFG в рамках исследовательского проекта № 20-52-12004.

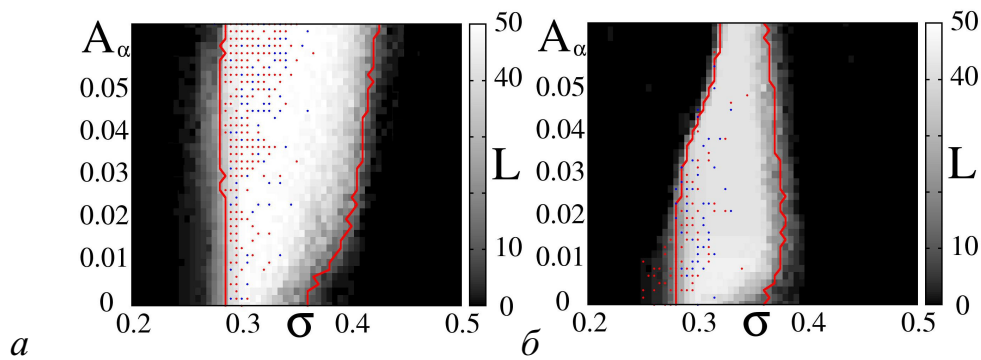


Рис. 1. Зависимость количества начальных условий L приводящий к химерному состоянию в системе от силы связи между элементами σ и стандартного отклонения распределения значений генератора шума с нормальным распределением, воздействующего на управляющий параметр элементов A_α . Красная линия – медианное значение правой и левой границы наблюдения химерных состояний. Красные и синие точки – параметры, при которых наблюдаются химеры уединенных состояний при разных начальных условиях. Остальные параметры указаны в описании ур.1

стандартным нормальным распределением ($\mu = 0$, $\sigma_\psi = 1$), A_α – стандартное отклонение.

Далее, когда мы говорим об неоднородном распределении управляющего параметра, мы подразумеваем отсутствие зависимости параметра от времени – α_i , т. е. его распределение задается в начальный момент времени и больше не меняется. Говоря об воздействии шума на управляющий параметр, мы подразумеваем его зависимость не только от номера элемента, но и от времени – α_i^t .

Исследования показали, что при неоднородном распределении управляющего параметра по всему ансамблю, увеличение стандартного отклонения (D_α , A_α) ведет к сдвигу границ наблюдения химерных структур в области больших значений силы связи (рис.1,а), при этом увеличивает область наблюдения химер уединенных состояний. Другой результат показало кольца с постоянным воздействием генератора шума на управляющие параметры. В таком случае область наблюдения химерных структур уменьшается, левая и правая граница сдвигаются к среднему значению интервала наблюдения химер (рис.1,б). В этом случае область установления химер уединенных состояний тоже уменьшается с увеличением D_α и A_α .

Список литературы

1. *Y. Kuramoto, D. Battogtokh*, Coexistence of Coherence and Incoherence in Nonlocally Coupled Phase Oscillators // *Nonlin. Phen. in Complex Sys.* 2002. Vol. 5. P. 380.
2. *Abrams D. M., Strogatz S. H.* Chimera states for coupled oscillators // *Physical review letters.* 2004. Vol. 93, №. 17. P. 174102.