

Эволюция пространственных структур в ансамбле нелокально-связанных логистических отображений при шумовой модуляции параметра связи*

Н. Н. Никишина[✉], Е. В. Рыбалова, Т. Е. Вадивасова

Саратовский национальный исследовательский государственный
университет имени Н.Г. Чернышевского

✉ nnikishina7@gmail.com

В больших ансамблях нелинейных элементов при нелокальной связи элементов могут возникать разнообразные сложные пространственно-временные структуры, в том числе так называемые химерные состояния [1–3]. Актуальной задачей в исследовании таких систем является анализ возможностей управления формированием в них различных типов пространственных структур, включая химерные и полную синхронизацию. В данной работе исследуется эволюция химер в ансамбле нелокально-связанных хаотических отображений при модуляции коэффициентов связи цветным гауссовым шумом для двух случаев: 1) к каждому коэффициенту связи добавляется независимая случайная компонента; 2) все коэффициенты связи модулируются одним и тем же шумовым воздействием.

Система с независимыми случайными компонентами коэффициентов связи описывается следующими уравнениями:

$$\begin{aligned}
 x_j(n+1) &= f(x_j(n)) + \frac{1}{2P}(\sigma + D\sqrt{1-\frac{\gamma}{2}}y_j(n)) \sum_{k=j-P}^{j+P} [f(x_k(n)) - f(x_j(n))] \\
 y_j(n+1) &= (1-\gamma)y_j + \sqrt{2\gamma}\xi_j(n), \quad j = 0, 1, \dots, N-1
 \end{aligned} \tag{1}$$

где $j = 1, 2, 3, \dots, N = 1000$ – номер элемента ансамбля, n – дискретное время. Связь между элементами является нелокальной с силой связи $\sigma = 0.32$ и радиусом связи $P = 300$. $\sqrt{1-\frac{\gamma}{2}}y_j(n)$ – независимые источники дискретного цветного гауссова шума с одинаковой нормальной статистикой, D – интенсивность источников шума. Параметр γ управляет спектральными свойствами цветного шума. При $\gamma = 1$ источники шума $y_j(n)$ становятся белыми. Система с общим случайным воздействием на связь описывается уравнением аналогичными ур.(1), но в ней во всех слагаемых связи используется только один источник цветного гауссова шума $\sqrt{1-\frac{\gamma}{2}}y(n)$, т. е. отсутствует зависимость от номера элемента j .

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

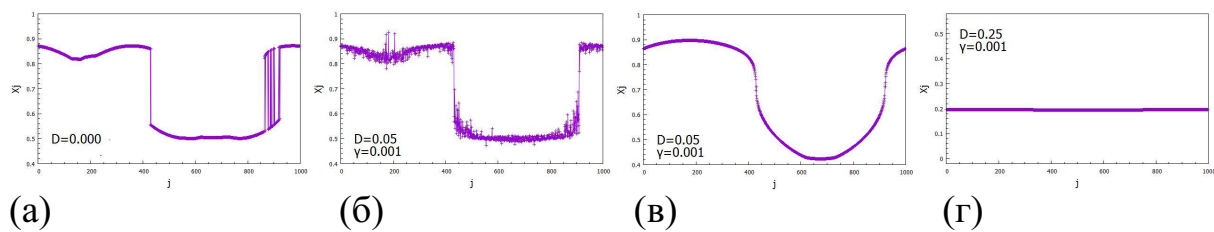


Рис. 1. Иллюстрация влияния интенсивности шума D на химерную структуру. На графиках приведены мгновенные пространственные профили в установившемся режиме для следующих случаев: в отсутствии шума (а); в модели (1) при $D = 0.05$ (б); в модели с одним источником цветного гауссова шума при $D = 0.05$ (в); в модели с одним источником цветного гауссова шума при $D = 0.25$ (г). Параметр шума фиксирован $\gamma = 0.001$

В обеих моделях элементы ансамбля являются логистическими отображениями: $f(x) = \alpha x(1-x)$, где $\alpha = 3.8$ – управляющий параметр отображения соответствует хаотической динамики. Граничные условия являются периодическими: $x_{j+N}(n) = x_j(n)$. Исследовалось воздействие цветного параметрического шума на одно и то же выбранное химерное состояние, установившееся в ансамбле без шума (Рис. 1а).

В результате исследований было установлено, что с помощью шумовой модуляции параметров связи можно управлять характером пространственной структуры. Так, при модуляции параметров связи как независимыми источниками шума, так и общим шумом, наблюдается подавление кластера некогерентности химерного состояния (Рис. 1б,в). При воздействии общим шумовым сигналом достаточно большой интенсивности можно добиться не только уничтожения химерного состояния, но и полной синхронизации хаотических колебаний всех элементов ансамбля (Рис. 1г). Было обнаружено, что поведение ансамбля хаотических элементов существенно зависит не только от интенсивности шума, но и от ширины спектра шумовой модуляции связи. Однако для подавления кластера некогерентности химерного состояния спектральные свойства шума оказались несущественными.

Список литературы

1. Kuramoto Y., Battogtokh D., Coexistence of coherence and incoherence in non-locally coupled phase oscillators // Nonlinear Phenom. Complex Syst. 2002. Vol. 4. P. 380–385.
2. Abrams D. M., Strogatz S. H. Chimera states for coupled oscillators // Phys. Rev. Lett. 2004. Vol. 93, no. 17. 174102(1–4).
3. Omelchenko I., Maistrenko Y., Hövel P., Schöll E. Loss of coherence in dynamical networks: Spatial chaos and chimera states // Phys. Rev. Lett. 2011. Vol. 106. 234102.