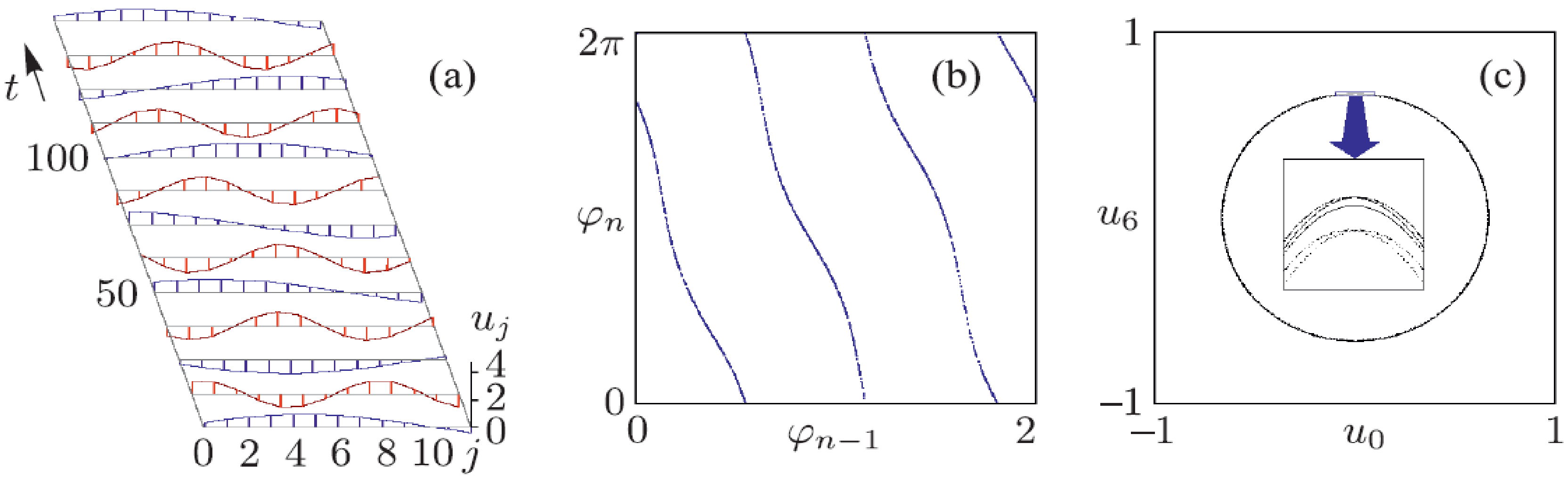
Достижения лаборатории СФ-7 в 2020 году

Показано, что в конечномерной неавтономной решетке, полученной в результате дискретизации пространственно распределенной системы Свифта-Хохенберга с попеременным возбуждением длинноволновых и коротковолновых структур Тьюринга, возможна реализация хаотического аттрактора типа соленоида Смейла-Вильямса, что позволяет получить динамическую систему, свойства генерируемого хаоса в которой будут нечувствительны к малым изменениям параметров, погрешностям изготовления. Реализация такая системы возможна в виде клеточных нейросетей.

$$\dot{u}_j + 2\kappa^2(1 - 2\kappa^2)(u_{j+1} - 2u_j + u_{j-1}) + \kappa^4(u_{j+2} - 2u_j + u_{j-2}) = (A - 1 + \varepsilon\delta_j)u_j - u_j^3,$$

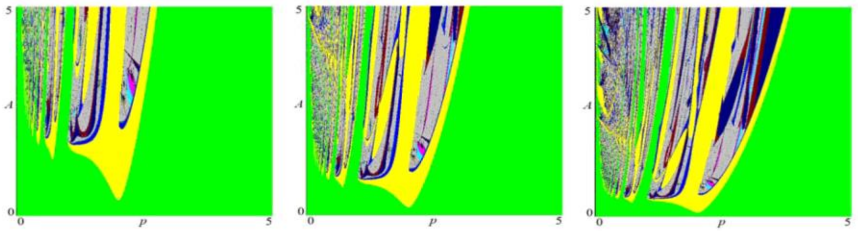
$$\kappa(t) = \kappa(t + nT) = \begin{cases} \kappa_1, & 0 \leqslant t < T/2, \\ \kappa_3, & T/2 \leqslant t < T. \end{cases}$$

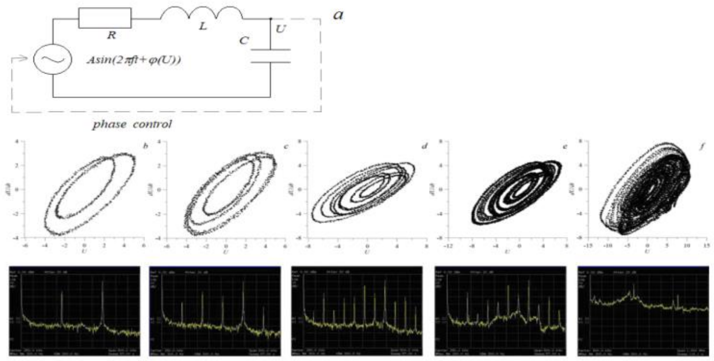


S.P. Kuznetsov. Some Lattice Models with Hyperbolic Chaotic Attractor. Nonlinear Dynamics 2020. Vol.16. No.01, pp. 13-21. РНФ 17-12-01008 и 15-12-20035. Scopus

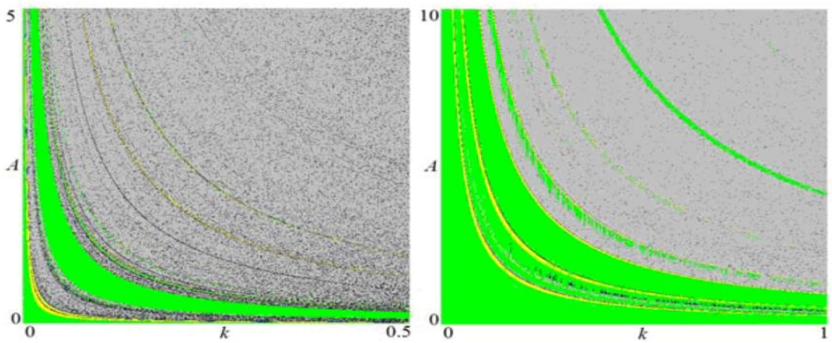
Предложена модель неавтономного осциллятора, в котором фаза и частота внешней силы зависят от динамической переменной. Такой контроль фазы и частоты внешней силы может служить основой для адаптивного управления динамикой системы. Показано, что он приводит к возникновению сложной хаотической динамики в поведении осциллятора, наблюдается иерархия различных периодических и хаотических колебаний. Изучена структура пространства параметров. Показано, что существуют колебательные режимы, аналогичные динамике неавтономного осциллятора с потенциалом в виде периодической функции, но есть и существенные различия. Проведено радиотехническое моделирование и экспериментальное исследование.

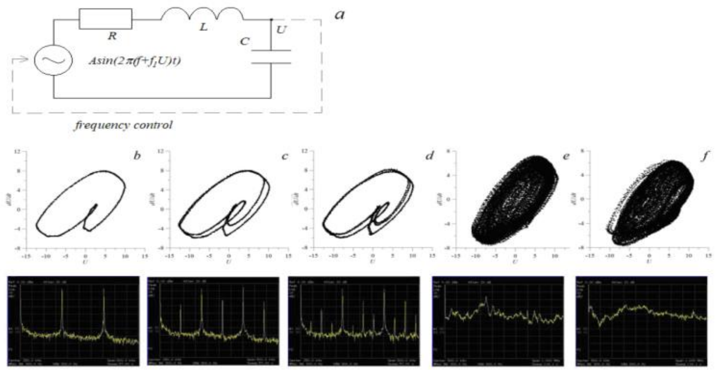
$$\ddot{x} + \alpha\dot{x} + x = ASin(p\tau + kx)$$





$$\ddot{x} + \alpha\dot{x} + x = ASin[(p_0 + kx)\tau]$$





D.A. Krylosova, E.P. Seleznev, N.V. Stankevich. Dynamics of Non-Autonomous Oscillator with a Controlled Phase and Frequency of External Forcing. Chaos, Solitons & Fractals, 134, 2020, no.5, 109716.. РНФ No. 17-12-01008. WoS

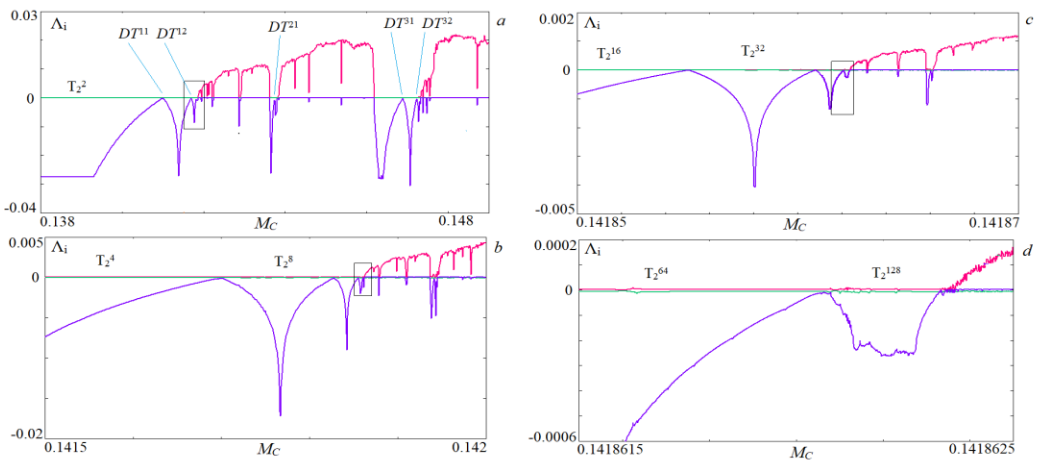
Показано, что возникновение хаоса в системе двух связанных генераторов квазипериодических колебаний с малой силой связи происходит через возникновение областей частичной синхронизации многочастотных колебаний, в которых реализуется сценарий перехода к хаосу через каскад бифуркаций удвоения инвариантной кривой. В результате каскада возникает иерархическое множество седловых торов. Поглощение этого набора хаотическим аттрактором приводит к образованию хаотического аттрактора с дополнительным нулевым показателем Ляпунова в спектре. Описана структура плоскости параметров, где могут возникать такие хаотические аттракторы. Вид такой хаотической динамики связан с разрушением резонансной сети Арнольда, и конкуренцией между разными типами частичной синхронизации для модели с несколькими несоизмеримыми частотами.

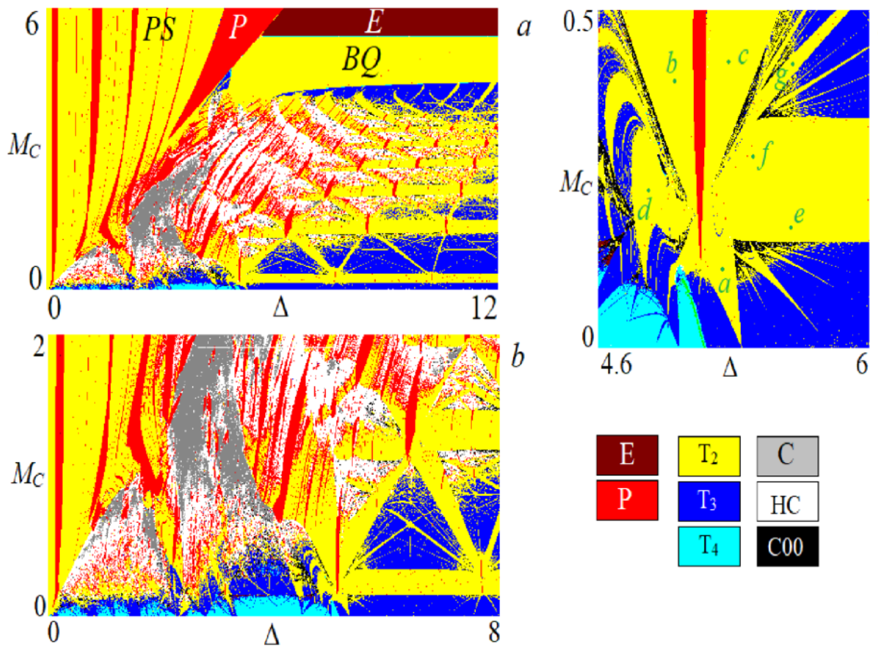
$$\ddot{x}_1 - (\lambda_1 + z_1 + x_1^2 - \beta x_1^4)\dot{x}_1 + \omega_{01}^2 x_1 + M_C(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) = 0,$$

$$\dot{z}_1 = b(\varepsilon - z_1) - k\dot{x}_1^2,$$

$$\ddot{x}_2 - (\lambda_2 + z_2 + x_2^2 - \beta x_2^4)\dot{x}_2 + \omega_{02}^2 x_2 + M_C(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) = 0,$$

$$\dot{z}_2 = b(\varepsilon - z_2) - k\dot{x}_2^2,$$

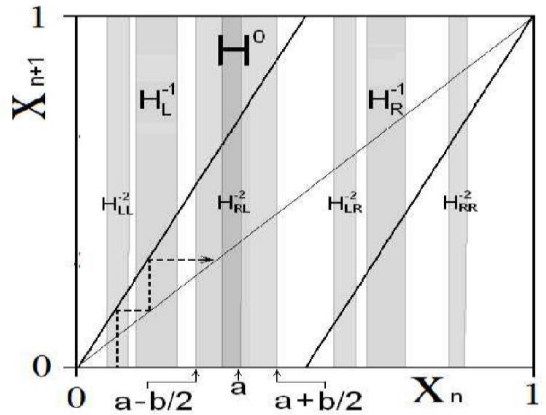


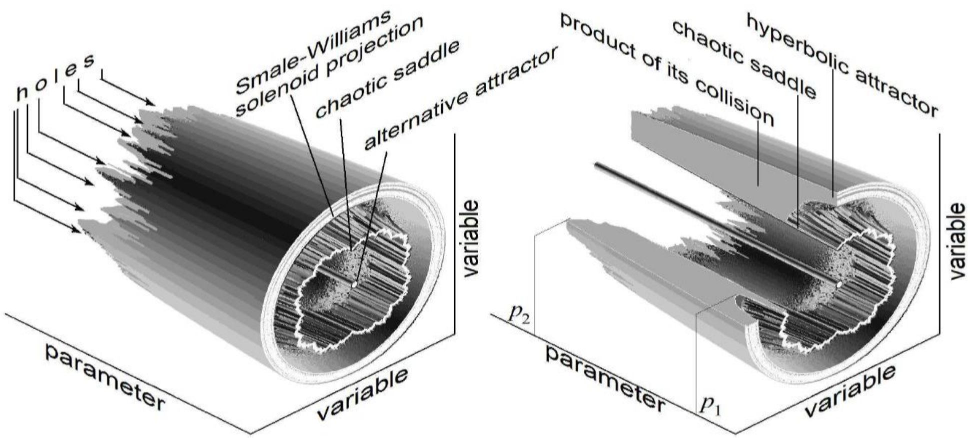


Stankevich N.V., Shchegoleva N.A., Sataev I.R., Kuznetsov A.P. Three-dimensional torus breakdown and chaos with two zero Lyapunov exponents in coupled radio-physical generators/ Journal of Computational and Nonlinear Dynamics. 2020. Vol. 15, No.11, pp. 111001 (10 pages).). РФФИ 19-31-60030. Грант президента МК-31.2019.8. *Госзаказ СФ ИРЭ.* Scopus

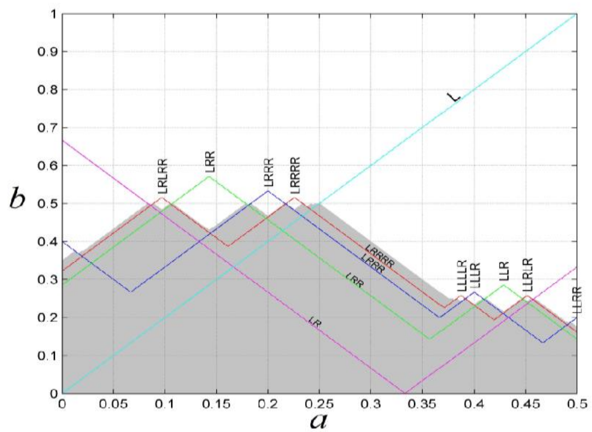
Предложено одномерное отображение Бернулли с запрещенной зоной для описания закономерности возникновения хаотического множества при седло-узловом сценарии рождения гиперболического аттрактора Смейла - Вильямса. В таком отображении, нетривиальное хаотическое множество (с ненулевой хаусдорфовой размерностью) возникает в общем случае в результате каскада бифуркаций добавления периода, характеризующегося геометрическим масштабированием как в фазовом пространстве, так и в пространстве параметров. Численный анализ поведения моделей демонстрирующий седло-узловой сценарий рождения гиперболического хаотического аттрактора Смейла - Вильямса показывает, что эти закономерности сохраняются в случае многомерных систем.

$$x_{n+1} = \begin{cases} 2x_n \ (\mathrm{mod}\ 1), & x_n \notin \mathrm{H}^0, \\ not\ defined, & otherwise, \end{cases} \quad \text{where}\, H^0 = [a + b/2, a - b/2]$$





$$\begin{aligned} \dot{x} &= \omega_0 u, \\ \dot{u} &= (h + a\cos 2\pi t/T - x^2)u - \omega_0 x + (\varepsilon y/\omega_0)\cos\omega_0 t, \\ \dot{y} &= 2\omega_0 v, \\ \dot{v} &= (h - a\cos 2\pi t/T - y^2)v - 2\omega_0 y + (\varepsilon/2\omega_0)x^2, \end{aligned}$$



O.B. Isaeva, I.R. Sataev. Bernoulli mapping with hole and a saddle-node scenario of the birth of hyperbolic Smale–Williams attractor. Discontinuity, Nonlinearity, and Complexity, **9**, 2020, iss. 1, 13-26. РНФ 17-12-01008. Scopus