

Секция «Математика и механика»

Метод Ляпуновских показателей для исследования хаотических колебаний конструктивно нелинейных распределенных систем

Добриян В.В.¹, Папкина И.В.², Крысько В.А.³

1 - Саратовский государственный технический университет, Физико-технический факультет, 2 - Саратовский государственный университет имени Н.Г.

Чернышевского, Механико-математический факультет, 3 - Саратовский государственный технический университет, строительно-архитектурно-дорожный институт, Саратов, Россия

E-mail: dobriy88@yandex.ru

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (№ 12-01-31204)

Задаче нелинейной динамики распределенных механических систем посвящена работа [1].

При изучении нелинейных динамических систем очень важен анализ экспоненциальных показателей Ляпунова. В настоящей работе разработана модификация нейросетевого метода вычисления спектра показателей. Этот метод имеет ряд преимуществ. В частности, он хорошо работает для коротких сигналов. Лучше работает с зашумленными данными, так как влияние шумов может быть уменьшено в процессе обучения сети. Как алгоритм Вольфа, позволяет рассчитывать показатели Ляпунова для систем без их уравнений эволюции, чего не позволяет алгоритм Бенеттина. Предложенный подход был апробирован на системе Хенона, системе Лоренца, логистическом отображении. Он позволяет получать спектр показателей Ляпунова, размерность Каплана-Йорке, энтропию Колмогорова-Синая, величину сжатия фазового пространства, имея на входе измерение по одной координате. Этот подход был успешно применен для анализа хаотических колебаний конструктивно нелинейных распределенных систем в виде двухслойных балок с зазором, каждая из которых описывается уравнениями Эйлера-Бернулли (под конструктивной нелинейностью понимается такой вид нелинейности, когда в процессе колебания этих балок появляется контактное взаимодействие). Обе балки шарнирно оперты. Действует на верхнюю балку продольная знакопеременная нагрузка $q(x,t)=q_0\sin(\omega_p t)$. В спектре показателей Ляпунова ($\lambda_1=0.087$, $\lambda_2=-0.07992$, $\lambda_3=-0.46552$, $\lambda_4=-0.55905$) первый показатель положительный, а последующие три отрицательные. Это показывает, что система находится в состоянии хаоса, энтропия Колмогорова-Синая: 0.087, размерность Каплана-Йорке: 2.01522. В задачах радиоэлектроники было выявлено явление «хаос-гиперхаос» (два положительных показателя), а в работе [2] было выявлено новое явление, когда система переходит в состояние хаоса через хаос – «хаос-гиперхаос»-«хаос-гипер-гиперхаос» (три показателя положительны).

Литература

1. Крысько В. А., Солдатов В.В., Папкина И.В. Анализ нелинейных хаотических колебаний пологих оболочек вращения с помощью вейвлет-преобразования. Москва, МТТ РАН, № 1, 2010
2. J. Awrejcewicz, A.V. Krysko, V.A. Krysko, I.V. Papkova Routes to chaos in continuous mechanical systems. Part 3: The Lyapunov exponents, hyper, hyper-hyper and spatial-temporal

Конференция «Ломоносов 2013»

chaos. Chaos, Solitons & Fractals. Nonlinear Science, and Nonequilibrium and Complex Phenomena, 45 (2012)