

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПО ВРЕМЕННЫМ РЯДАМ АРХИТЕКТУРЫ СВЯЗЕЙ И ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ В АНСАМБЛЯХ СВЯЗАННЫХ ОСЦИЛЛЯТОРОВ С ЗАПАЗДЫВКОЙ

И. В. Сысоев^{1,2}, Д. Д. Кульминский^{2,1}, В. И. Пономаренко^{2,1}, М. Д. Прохоров²

¹Национальный исследовательский Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского

Россия, 410012 Саратов, Астраханская, 83

²Саратовский филиал Института радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова РАН
Россия, 410019 Саратов, Зеленая, 38

E-mail: ivssci@gmail.com; kulminskydd@gmail.com; ponomarenkovi@gmail.com;
mdprokhorov@yandex.ru

Цель. Предложить новый подход к восстановлению архитектуры связей и параметров элементов в ансамблях связанных осцилляторов, описываемых дифференциальными уравнениями первого порядка с запаздыванием, по временным рядам их колебаний.

Метод. Метод основан на минимизации целевой функции, характеризующей расстояние между точками реконструируемой нелинейной функции данного элемента, и разделении восстановленных коэффициентов связи на значимые и незначимые. Минимизация целевой функции осуществляется методом наименьших квадратов. Время запаздывания определяется как соответствующее минимуму целевой функции по всем пробным временам запаздывания.

Результаты. Эффективность предложенного метода продемонстрирована в численном эксперименте на примере хаотических временных рядов ансамбля, состоящего из диффузионно связанных неидентичных уравнений Маккея–Гласса в присутствии шума, а также в натурном эксперименте на примере временных рядов резистивно связанных радиотехнических генераторов с запаздывающей обратной связью. Метод обеспечивает более высокую, чем ранее предложенные подходы, вычислительную эффективность за счёт использования неитерационных алгоритмов минимизации целевой функции и отбора значимых коэффициентов. При этом оценки коэффициентов связи и параметра инерционности являются несмещёнными.

Обсуждение. Метод может быть полезен для восстановления параметров элементов и архитектуры связей в системах различной природы: радиотехнических, биологических и иных, описываемых уравнениями первого порядка с запаздыванием.

Ключевые слова: Анализ временных рядов, реконструкция уравнений, ансамбли осцилляторов, системы с запаздыванием.

DOI: 10.18500/0869-6632-2016-24-3-21-37

Ссылка на статью: Сысоев И.В., Кульминский Д.Д., Пономаренко В.И., Прохоров М.Д. Восстановление по временным рядам архитектуры связей и параметров элементов в ансамблях связанных осцилляторов с задержкой // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2016. Т. 24, No 3. С. 21–37.

RECONSTRUCTION OF COUPLING ARCHITECTURE AND PARAMETERS OF TIME-DELAYED OSCILLATORS IN ENSEMBLES FROM TIME SERIES

I. V. Sysoev^{1,2}, D. D. Kulminskiy^{2,1}, V. I. Ponomarenko^{2,1}, M. D. Prokhorov²

¹ National Research Saratov State University
Astrahanskaya, 83, 410012 Saratov, Russia

²Kotel'nikov Institute of Radio-Engineering and Electronics of RAS, Saratov Branch
Zelenaya, 38, 410019 Saratov, Russia

E-mail: ivssci@gmail.com; kulminskydd@gmail.com; ponomarenkovi@gmail.com;
mdprokhorov@yandex.ru

Purpose. To suggest a new approach to reconstruction of coupling architecture and individual parameters of first-order time-delayed oscillators from experimental series of their oscillations.

Method. The method is based on minimization of target function, which characterizes a distance between points of nonlinear function of a current oscillator, which is to be reconstructed. Then estimated coupling coefficients are split into significant and insignificant. Minimization of target function is processed with least squares routine. Delay time is estimated as a trial delay corresponding to a minimum of target function over all trial delays.

Results. Efficiency of the proposed method was demonstrated in numerical experiment from time series of an ensemble of diffusively coupled nonidentical Mackey–Glass oscillators in presence of noise. Also a hardware experiment was considered in which resistively coupled generators with delay line were studied. The method demonstrated higher computational efficiency than previously suggested approaches due to use of not iterative algorithms for target function minimization and significant coefficient selection. Herewith estimates of coupling coefficients and inertance parameter are asymptotically unbiased.

Discussion. The proposed approach may be useful for reconstruction of parameters of elements and coupling architecture in systems of different nature: radioengineering, biological or others, which can be described using first-order time-delay equations.

Keywords: Time-series analyses, reconstruction of equations, ensembles of oscillators, time-delayed systems.

DOI: 10.18500/0869-6632-2016-24-3-21-37

Paper reference: Sysoev I.V., Kulminskiy D.D., Ponomarenko V.I., Prokhorov M.D.
Reconstruction of coupling architecture and parameters of time-delayed oscillators in ensembles from time series // Izvestiya VUZ. Applied Nonlinear Dynamics. 2016. Vol. 24. Issue 3. P. 21–37.