

РЕКОНСТРУКЦИЯ ОДНОНАПРАВЛЕННО СВЯЗАННЫХ СИСТЕМ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ ПЕРВОГО ПОРЯДКА ПО ВРЕМЕННОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ВЕДОМОЙ СИСТЕМЫ

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

¹Саратовский национальный исследовательский государственный
университет имени Н. Г. Чернышевского
410012 Саратов, ул. Астраханская, 83

²Саратовский филиал Института радиотехники и электроники
имени В. А. Котельникова РАН
410019 Саратов, ул. Зелёная, 38

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

Системы с запаздыванием, в том числе связанные, стали популярными моделями различных физических и биологических объектов. Нередко одна или несколько переменных таких моделей недоступны для прямого измерения, их называют скрытыми. Однако реконструкция моделей по экспериментальным сигналам при наличии скрытых переменных может быть полезна для целей верификации моделей и косвенного измерения. В данной работе рассмотрена задача восстановления параметров ведущей и ведомой систем и скрытой переменной ведущей системы по временному ряду ведомой системы в ансамбле двух систем с запаздыванием первого порядка.

Использован метод начального условия, когда начальные условия для скрытой переменной рассматриваются как дополнительные неизвестные параметры. Метод был адаптирован для систем с запаздыванием: вместо одного начального условия рассматривался вектор начальных условий.

Показано, что временной ряд ведущей системы, параметры нелинейной функции обеих систем и параметр связи можно реконструировать по реализации ведомой системы в периодическом режиме, если стартовые догадки для скрытой переменной задавать, используя априорную информацию о модели. Исследовано пространство стартовых догадок для параметров.

Показано, что при отклонении стартовых догадок для обоих параметров нелинейной функции на 50 % от истинных значений в обе стороны вероятность успеха реконструкции значима и составляет в рассмотренном случае более 1/4. Показана принципиальная возможность реконструкции систем с одним запаздыванием при наличии скрытых переменных по скалярной периодической реализации.

Ключевые слова: Анализ временных рядов, реконструкция уравнений, скрытые переменные, системы с запаздыванием.

DOI: 10.18500/0869-6632-2017-25-1-84-93

Ссылка на статью: Сысоев И.В., Пономаренко В.И., Прохоров М.Д. Реконструкция однонаправленно связанных систем с запаздыванием первого порядка по временной реализации ведомой системы // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2017. Т. 25, No 1. P. 84–93.

RECONSTRUCTION OF UNIDIRECTIONALLY COUPLED TIME-DELAYED SYSTEMS OF FIRST ORDER FROM TIME SERIES OF THE DRIVEN SYSTEM

Ilya V. Sysoev^{1,2}, Vladimir I. Ponomarenko^{2,1}, Mikhail D. Prokhorov²

¹Saratov State University, Russia

410012 Saratov, Astrakhanskaya str., 83

²Saratov Branch of Kotel'nikov Institute of Radio Engineering and Electronics of RAS, Russia

410019 Saratov, Zelyonaya str., 38

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

Time-delayed systems, including coupled ones, became popular models of different physical and biological objects. Often One or few variables of such models cannot be directly measured, these variables are called hidden variables. However, reconstruction of models from experimental signals in presence of hidden variables can be very suitable for model verification and indirect measurement. Current study considers reconstruction of parameters of both systems and hidden variable of the driving system from time series of the driven system in ensemble of two unidirectionally coupled first order time-delayed systems.

Initial condition approach was used; this method considers initial conditions for hidden variables as additional unknown parameters. The method was adapted for time-delayed systems: vector of initial conditions was used instead of a single initial condition.

Time series of the driven system, parameters of nonlinear function of both systems and the coupling coefficient were shown to be reconstructable from a time series of driven system in periodical regime, if starting guesses for the hidden variable were set using a priori information about the model. The space of starting guesses for parameters was studied; the probability of successful reconstruction was shown to be approximately 1/4 for starting guesses for parameters distant from their true values in 50 % of their absolute values.

The fundamental possibility of reconstruction of system with one time delay in presence of hidden variables from scalar time series was shown.

Keywords: Time series analysis, reconstruction of equations, hidden variables, time-delayed systems.

DOI: 10.18500/0869-6632-2017-25-1-84-93

Paper reference: Sysoev I.V., Ponomarenko V.I., Prokhorov M.D. Reconstruction of unidirectionally coupled time-delayed systems of first order from time series of the driven system. *Izvestiya VUZ. Applied Nonlinear Dynamics*. 2017. Vol. 25. Issue 1. P. 84–93.