

# ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ МЕТОДА ИДЕНТИФИКАЦИИ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ ВОЛЬТЕРРА

Павленко С.В.

Одесский национальный политехнический университет, 65044, Украина,  
просп. Шевченко, 1. +3 (0048) 771-25-64, pavlenko\_vitalij@mail.ru

Разработан новый метод построения аппроксимационной модели Вольтерра [1] нелинейной динамической системы (НДС) во временной области с использованием полиимпульсных и многоступенчатых тестовых сигналов, который отличается от известного применением регуляризованного метода наименьших квадратов и выбором оптимальной величины шага по амплитуде тестовых сигналов, что позволяет повысить точность в 2–4 раза и вычислительную устойчивость процедуры идентификации, а также применением вейвлет-фильтрации для сглаживания оценок ядер Вольтерра, что повышает точность в 2–3.4 раза и обеспечивает гладкость результатов идентификации.

Предложен и теоретически обоснован формализм, представляющий универсальное выражение для экспериментального определения многомерных переходных функций ( $n$ -мерных интегралов от ядер Вольтерра) в виде линейной комбинации откликов идентифицируемой НДС на многоступенчатые тестовые воздействия, позволяющий упростить алгоритмизацию и программную реализацию процедуры идентификации.

Предлагается вычислительный алгоритм для определения сечений  $n$ -мерных переходных функций для НДС с одним входом и одним выходом, формализм которого основывается на следующем утверждении.

*Утверждение.* Пусть тестовые воздействия представляют собой сумму  $k$  ( $k=1,2,\dots,n$ ) ступенчатых сигналов  $x_i(t) = a\theta(t - \tau_i)$  ( $i=1,2,\dots,k$ ), со сдвигом по времени  $t$  на  $\tau_1, \dots, \tau_k$ , тогда, для НДС с одним входом и одним выходом, оценка сечения переходной характеристики  $n$ -го порядка

$$\widehat{h}_n(t - \tau_1, \dots, t - \tau_n) = \frac{1}{n!a^n} \sum_{\delta_{\tau_1}, \dots, \delta_{\tau_n}=0}^1 (-1)^{n + \sum_{i=1}^n \delta_{\tau_i}} \widehat{y}_n(t, \delta_{\tau_1}, \dots, \delta_{\tau_n}),$$

где  $\widehat{y}_n(t, \delta_{\tau_1}, \dots, \delta_{\tau_n})$  — оценка  $n$ -ой парциальной составляющей отклика НДС в момент времени  $t$ , полученная в результате обработки данных экспериментов на основе МНК, при действии на ее входе многоступенчатого сигнала с амплитудой  $a$ ; причем если  $\delta_{\tau_i} = 1$  ( $i=1,2,\dots,n$ ), то тестовое воздействие содержит ступенчатый сигнал со сдвигом на  $\tau_i$ , в противном случае, при  $\delta_{\tau_i} = 0$ , — его не содержит.

1. Масри М.М. Построение аппроксимационной модели Вольтерра нелинейной системы с помощью полиимпульсных тестовых сигналов / М.М. Масри, С.В. Павленко, В.Д. Павленко // Информатика и математические методы в моделировании. — Одесса: ОНПУ. — 2015. — Том 5. — №2. — С. 142 — 151.