

НАСТРОЙКА АДАПТИВНО-ПОИСКОВОЙ СИСТЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ХАОТИЧЕСКИМ ОБЪЕКТАМ

Аннотация: В статье рассмотрены вопросы влияния параметров системы адаптивно-поисковой идентификации применительно к нелинейной динамической системе Лоренса.

Ключевые слова: хаотическая динамика, система Лоренса, адаптивно-поисковая идентификация.

Введение

Применение адаптивно-поисковых методов идентификации оказалось оправданным для идентификации параметров многих нелинейных систем, обладающих хаотической динамикой [2–6]. При правильно выбранном критерии удаётся идентифицировать даже те системы, для которых поиск прямого физического аналога критерия идентификации затруднён. Тем не менее, не теряет актуальности вопрос выбора параметров самой системы идентификации. Для сложных динамических систем нет возможности аналитически определить оптимальные значения этих параметров. Более того, при различных начальных условиях процесса идентификации оптимальные значения будут другие.

При синтезе и настройке рассматриваемых систем идентификации приходится использовать как экспертную информацию, так и проводить эксперименты для определения значений параметров системы идентификации, при которых процесс идентификации будет происходить устойчиво в заданном диапазоне, с максимально достижимой скоростью и точностью. Следовательно вопросы как определения требуемых значений параметров, так и исследования адаптивных возможностей системы идентификации являются актуальными.

Постановка задачи

В качестве идентифицируемой хаотической системы рассмотрим систему Лоренса, динамика которой описывается системой уравнений [1,2]:

$$\begin{cases} \dot{x} = \sigma(y - x) \\ \dot{y} = x(r - z) - y \\ \dot{z} = xy - bz \end{cases} \quad (1)$$

где x, y, z – переменные состояния системы, σ, r, b – параметры.

Наиболее ценным с точки зрения идентификации является параметр r , определяющий как энергетическое состояние системы, так и вид динамики системы. Для определённости зададим остальные параметры следующим образом: $b = 2.667, \sigma = 10$.

В работе [2] был предложен и исследован критерий вида

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{1}{\tau} (x^2(t) - Q(t)). \quad (2)$$

Система адаптивно-поисковой идентификации, созданная с применением этого критерия (рис. 1), показала свою работоспособность, но вопрос об допустимых значениях параметров системы идентификации остался открытым.

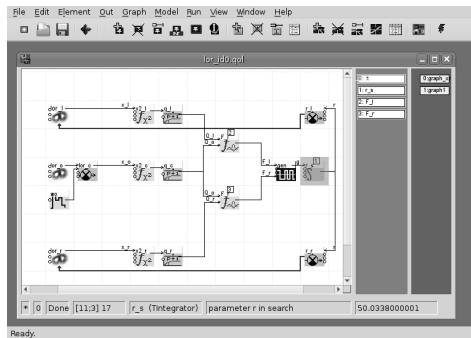


Рис. 1 – Модель системы адаптивно-поисковой идентификации в программе qto2x

Моделирование процессов идентификации

В данной работе будет использоваться следующий вид записи перехода от величины Q к величине F :

$$F(e) = \exp \left(- \left(\frac{Q_o - Q_m}{q_\gamma} \right)^2 \right). \quad (3)$$

От предыдущего способа записи:

$$F(e) = \exp(-\gamma(Q_o - Q_m)^2) \quad (4)$$

он отличается тем, что вместо не очень понятного коэффициента γ используется величина q_γ , обладающая той же размерностью, что и величина Q , что наглядно определяет масштаб рабочей зоны.

Для исследования влияния параметра q_γ на процесс идентификации и допустимый диапазон идентифицируемого параметра

были выбраны следующие начальные условия: стартовое значение идентифицируемого коэффициента $r_s = 40$, и постоянное значение параметра объекта $r_o = 58$. Такие (достаточно далеко разнесённые) значения были выбраны для изучения связи величины q_γ с рабочим диапазоном параметра r . Обозначим: $e_r = r_o - r_m$, где r_m – значение коэффициента модели. Индексом “s” обозначим начальные значения, а значения без индекса – текущие или финальные (по контексту).

На рис. 2 представлены результаты моделирования системы идентификации в том случае, когда величина q_γ слишком мала, т.е. чувствительность избыточна. Это приводит к тому, что величины критерия качества F_l и F_r неотличимы от нуля, и процесс поиска прекращается. Следует отметить, что при меньших величинах e_{r_s} поиск происходит, и с достаточно высокой скоростью.

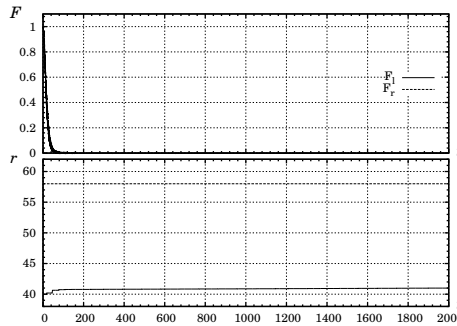


Рис. 2 – Процесс идентификации при $q_\gamma = 15$, $r_s = 40$, $r_o = 58$

На рис. 3 представлены результаты моделирования системы идентификации при $q_\gamma = 20$. В этом случае системы поисковой идентификации работает. При этом можно выделить три участка. На первом значения величин F мало отличны от нуля, и скорость поиска минимальна, но не нулевая. Этой скорости достаточно для перехода ко второму этапу, когда значение r_m попадает в рабочий диапазон, величины F_l и F_r сильно отличны друг от друга, и достигается хорошая скорость поиска. При достижении третьей области значения r_o и r_m достаточно близки, а величины F_l и F_r близки к единице.

На рис. 4 представлены результаты моделирования системы идентификации при $q_\gamma = 50$. В этом случае рабочий диапазон слишком широк, и скорость поиска невелика – к концу моделирования величина r_m только начала приближаться к r_o .

На рис. 5 представлены финальные ($t = 2000$) результаты моделирования процесса идентификации при различных значениях q_γ и $r_{ms} \in [25; 75]$.

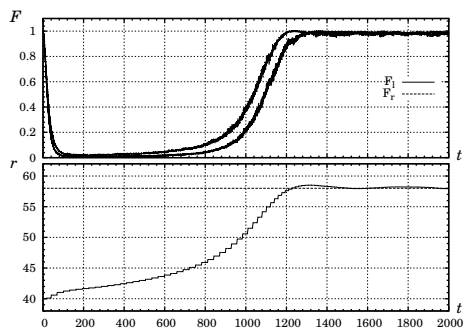


Рис. 3 – Процес ідентифікації при $q_\gamma = 20, r_s = 40, r_o = 58$

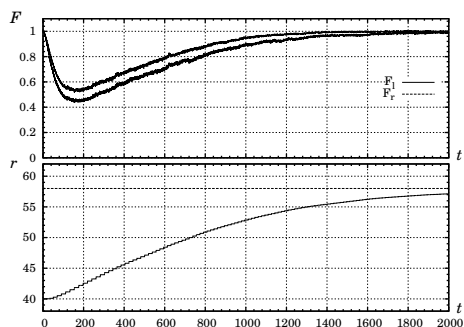


Рис. 4 – Процес ідентифікації при $q_\gamma = 50, r_s = 40, r_o = 58$

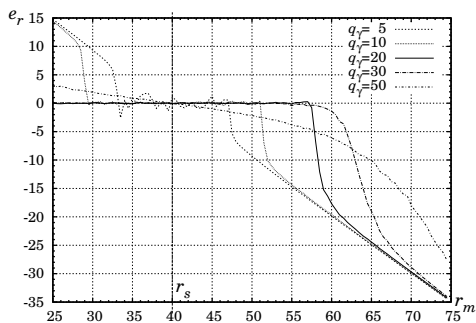


Рис. 5 – Ошибка ідентифікації при e_r при $r_s = 40$, різних r_o і q_γ

Из анализа данного графика можно сделать вывод, что диапазон q_γ достаточно узок. При достаточно большом $|e_r|$ поиск прекра-

щастя, незважаючи на те, що величини Q_l і Q_r відличні друг від друга, що знижує применимость данного методу. Напрашивається висновок, що для розширення робочого діапазона пошуку необхідно проводити адаптацію величини q_r , збільшуючи її вдали від іскомого параметра, і зменшуючи вблизи. Проблема заключається в тому, що без проведення ідентифікації поняття “вблизи” і “вдали” коректно визначити складно, і потребується розробка непротиворечивих методів адаптації параметрів системи ідентифікації по текущей і априорній інформації.

Також, при аналізі структури системи ідентифікації можна виявити в ній різні елементи, які виконують (но різними способами) функцію усереднення: елемент, визначаючий Q , і власне генератор пошукових впливів. При цьому у кожного є свій характерний інтервал усереднення τ , причём у генератора ця величина змінюється. Наявність елементів з дублюючими функціями призводить до необґрунтованому ускладненню системи, збільшенню кількості налаштовуваних параметрів системи, і коливальним явищам в процесі ідентифікації.

Выводы

Результати проведених досліджень дозволяють зробити наступні висновки:

- в цілому система ідентифікації работоспособна, при умові попереднього дослідження можливих діапазонів параметрів;
- адаптаційні властивості розглядаваної системи ідентифікації є недостаточними для проведення стабільної, швидкої і точної ідентифікації розглядаваних об'єктів в широкому діапазоні, відповідно, має сенс розробка нових методів ідентифікації на аналогічних принципах, але з більшими можливостями адаптації;
- в структурній схемі присутні елементи, які виконують схожі функції, що призводить до зайвого ускладненню системи.

Библиографический список

1. Кузнецов С.П. Динамический хаос (курс лекций). / С.П. Кузнецов – М.: Издательство Физико-математической литературы, 2001. – 296 с.
2. А.И. Гуда, А.И. Михалев Физические основы при синтезе критерия адаптивно-поисковой идентификации динамической системы Лоренса // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 2(79). – Дніпропетровськ, 2012. – С. 13–10.

3. *Михалёв А.И., Гуда А.И., Новикова Е.Ю.* Синтез критерия идентификации нелинейных динамических систем на физических принципах // Адаптивные системы автоматического управления. – 2007. – № 11(31). – С. 136–142.
4. *Михалёв А.И., Гуда А.И.* Выбор критерия при адаптивно-поисковой идентификации динамической системы Ван-Дер-Поля // Адаптивные системы автоматического управления. – 2010. – № 16(36). – С. 154–160.
5. *Михалёв А.И., Гуда А.И.* Адаптивно-поисковая идентификация хаотической динамической системы Дуффинга // Адаптивные системы автоматического управления. – 2008. – № 12(32). – С. 166–171.
Михалёв А.И., Гуда А.И. Генератор Колпитца: моделирование хаотической динамики и параметрическая идентификация // Адаптивные системы автоматического управления. – 2012. – № 21(41). – С. 146–1153.

Отримано 22.02.2013