

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ТОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА
2009 г.**

**ВЫП. II
ПРОБЛЕМЫ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ**



ИЗДАТЕЛЬСТВО ТОМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
2010

УПРАВЛЯЕМАЯ НЕЛИНЕЙНОСТЬ: ОТ ПРИНЦИПА К САМОРАЗВИТИЮ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

И.В. ИЗМАЙЛОВ

Предложен метод функционального трансформирования динамической системы (ДС) внешним воздействием – при неизменной её конструкции. Это даёт средство создания новых ДС, в том числе способных к саморазвитию.

CONTROLLABLE NONLINEARITY: FROM A PRINCIPLE TO SELF-EVOLUTION OF DYNAMICAL SYSTEM

I.V. IZMAILOV

A functional transformation method of dynamic system (DS) by external action – but with constant its construction – is suggested. The method gives a means of new DS creation including DS capable of self-development.

Как известно, в физическом плане нелинейность материальной среды (либо характеристики элемента системы) означает, что уровень её отклика растёт *непропорционально* силе воздействия. ДС обычно содержат линейные и нелинейные среды либо элементы. Простейшим считается *квадратичный* вид нелинейности: $y = a + b x^2$. Благодаря *многообразию нелинейных функций* возникает «разношёрстность» вариантов ДС. Если же говорить о коллекции изученных, освоенных, т.е. «готовых», ready made, типов нелинейности (вроде функции $y(x) = a + b x^2$) и их носителей, то коллекция относительно немногочисленна. В физике и технике актуальна проблема *диверсификации* типов нелинейности, т.е. расширения рода динамических систем.

Как формировать в динамической системе вид нелинейности «на заказ» и сделать его самоуправляемым? Тривиальным был бы ответ: здесь пригодны всевозможные суперпозиции уже освоенных нелинейностей, скажем, по принципу $y_{\text{super}}(x) = y(y(x))$ и т.д. Скорее всего, стратегическая альтернатива требует выполнения ряда условий:

I. Сохранить неизменной материальную конструкцию ДС с какой-либо «готовой» нелинейностью.

II. Дополнить нелинейный элемент функциональными блоками, чтобы стало возможным изменять нелинейность получаемого устройства за счёт управления формой второго воздействия $x_{\text{control}}(t)$.

III. Должным образом «темперировать» воздействие x_{control} на устройство с помощью внешней системы (генератора), обладающей достаточным многообразием режимов, задаваемых значениями её параметров.

IV. Для осуществления самоуправляемой нелинейности обеспечить изменение последних сигналом ещё одной цепи обратной связи.

Введём авторскую *аксиоматическую* схему исследования: все ДС и окружающие их среды есть целостные конфигурации базовых компонентов. К последним относятся: *условные потоки*, их *аккумуляторы*, *модификаторы*. *Условный поток* характеризуется счётным числом *характеристик* (поток заряда, поток массы и т.п.). Поток аддитивен, он обеспечивает связи между частями системы и со средой. *Обратная связь* есть цикл на графе связей между компонентами системы. *Аккумулятор потока* (*элементарный*) – компонент системы, без обратной связи, способный попеременно являться то *воображаемым* началом, то окончанием потока. Их разновидности: *источник* и *сток* потока. *Модификатор потока* (*элементарный*) – компонент системы без обратной связи и лишь с неизменными состояниями, преобразующий характеристики потоков, поступающих на его входы. Модификатор есть материальная реализация понятия оператора (функции), его состояние – это лишь состояние потоков в нём. Поток не существует вне модификатора. Модификатор либо некая ДС (или внешняя среда) оказывается источником при анализе другой ДС, не влияющей на них. И наоборот, эта другая ДС – при анализе первой – выступает как сток потока из первой ДС.

Пример нашего ответа на вопрос разъясняется на рис. 1.

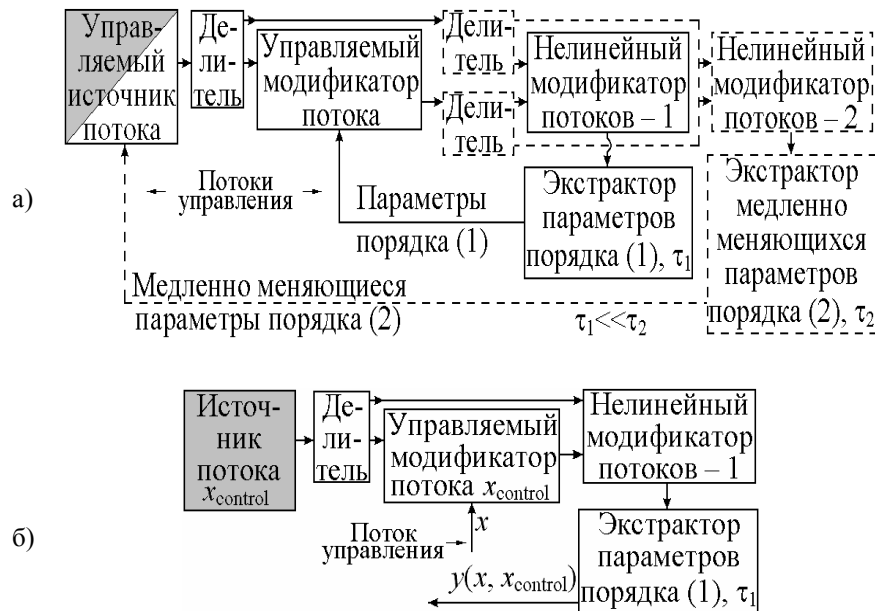


Рис. 1. Схемы:

а – нелинейного элемента с нелинейностью, управляемой потоком x_{control} ;
б – ДС с управляемой (либо самоуправяемой – см. пунктир) нелинейностью

Блок «Нелинейный модификатор потоков – 1» (рис. 1, а) обладает некоторой неизменной нелинейностью. Он дополнен функциональными блоками: «Экстрактор параметров порядка (1)», «Управляемый модификатор потока» и стоящим перед ним делителем потока x_{control} . Имеющее такую схему устройство способно изменять вид y как нелинейной функции x – при изменении режима работы внешнего источника потока и, следовательно, формы потока x_{control} . Значит, вид y и есть искомая нелинейность «на заказ». Она не локализована в каком-то конкретном элементе, а есть атрибут всех блоков.

Теперь направим поток $y(x, x_{\text{control}})$ (рис. 1, а) из экстрактора параметров порядка (1) на второй вход управляемого модификатора потока. Тогда возникнет система с обратной связью, чья нелинейность управляема потоком x_{control} (рис. 1, б – без пунктира). И это – динамическая система с нелинейностью «на заказ».

А если снабдить такую систему двумя делителями потоков, нелинейным модификатором потоков (2), экстрактором медленно меняющихся параметров порядка (2) и направить поток с его выхода на вход источника потока (тем самым, становящегося управляемым), создав вторую цепь обратной связи (пунктир на рис. 1, б)? Тогда получим нелинейную систему, «внутри» которой – *эволюционирующий оператор эволюции*. Её правомерно квалифицировать как систему с *самоуправляемым* типом нелинейности, т. е. нелинейность становится особой *динамической переменной*. Можно говорить и об эволюции системы (а не только об эволюции в ней), иначе – об *онтогенезе* исходной ДС (без пунктира). В такой ДС необходимо, чтобы скорость изменения $1/\tau_2$ параметров порядка (2) была меньше скорости $1/\tau_1$ параметров порядка (1). Тогда процессы успевают реагировать на смену типа нелинейности (происходящую со скоростью $1/\tau_2$).

Если развивать «биологическую» терминологию, то на рис. 1, б (без пунктира) при неизменном характере потока x_{control} – ДС с *тривиальным онтогенезом* (онтогенезом нулевого порядка). Если же этот характер меняется, то получаем ДС с *управляемым* тривиальным онтогенезом. Аналогично ДС на рис. 1, б (с пунктиром) при наличии дополнительного «вмешательства» экспериментатора в динамику управляемого источника потока есть система с *управляемым онтогенезом* исходной ДС (онтогенезом первого порядка).

Читателю рекомендуется самостоятельно продолжить рекурсию применительно к структуре схемы (с пунктиром) на рис. 1, б, чтобы выяснить, какое отношение к сказанному имеет «саморегулируемый онтогенез», он же «онтогенез ДС с онтогенезом», а также установить, есть ли предел такой рекурсии (*NB*: вспомнить о Big Bang).

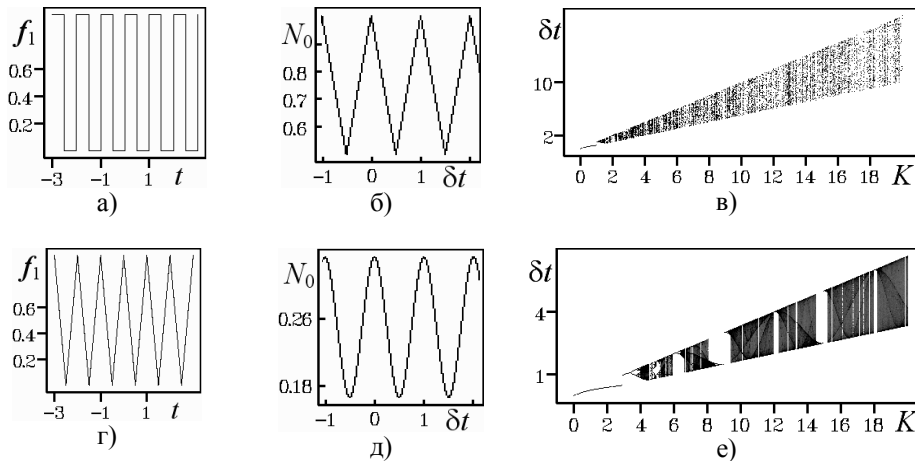


Рис. 2. Входные потоки f_1 (а, г), соответствующие им нелинейности N_0 (б, д) и бифуркационные диаграммы (в, е) дискретных отображений вида $\delta t_{i+1} = K \cdot N_0(\delta t_i)$, $\delta t_0 = K$. K – параметр нелинейности

Как проверить изложенную концепцию? Для этого она адекватно формализована математически автором. Она также представлена в более конкретном виде, за которым легко различима соответствующая техническая ДС с *произвольной* нелиней-

ностью. Для демонстрации предлагаемого здесь принципа предпринято моделирование сюжета, когда x_{control} имеет форму потока f_1 , изображённую на рис. 2. Оно подтверждает возможность управления нелинейностью ДС изменением формы потока f_1 . Так, если f_1 – последовательность прямоугольных импульсов (рис. 2, а), то нелинейность N_0 пилообразна (рис. 2, б), а отдельные «зубья» подобны геометрии нелинейности модифицированного логистического отображения. Если же f_1 – последовательность треугольных импульсов (рис. 2 г), то N_0 близка к гармонической функции (рис. 2, д). Судя по структуре бифуркационных диаграмм – для выбранной серии начальных условий $\delta t_0 = K$ и дискретных значений K , возможны либо периодические режимы с различными периодами (рис. 2, в, г), либо хаос (рис. 2, е).

Итак, выбором вида входного потока возможно формировать в ДС нелинейность желаемого типа. Открывается перспектива неограниченной диверсификации ДС. Предложенная технология способна воплотить ДС с эволюционирующей – непрерывно и / или дискретно – нелинейностью. В этих ДС нелинейность обретает статус особой динамической переменной.