

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗЕРВУАРНОГО ПОДХОДА НА ОСНОВЕ ОСЦИЛЛЯТОРА ЧЖУА ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

Кресс К.Н.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Вашкевич М.И. – доктор тех. наук, доцент

В работе рассматривается практическое применение хаотического осциллятора Чжуа в качестве средства обработки информации и сигналов. В работе показано, что осциллятор Чжуа может быть использован в качестве основы для построения вычислительных устройств, так как ему присущи способность выполнять нелинейное преобразование входных сигналов, зависимость выходного сигнала от истории сигналов на входе и кратковременная память.

Резервуарные вычисления – это метод обработки информации, основанный на использовании динамической системы с большим числом нелинейных элементов, называемой резервуаром. Резервуарные вычисления основаны на идее, что входные данные преобразуются в высокоразмерное состояние резервуара, который представляет собой сеть связанных нелинейных элементов, а затем выходные данные получаются путем линейной комбинации состояний резервуара. Резервуар может быть реализован как аналоговая или цифровая схема, химическая реакция или любая другая система, способная генерировать сложные временные ряды в ответ на внешние воздействия. Резервуарные вычисления позволяют решать задачи классификации, прогнозирования, распознавания и генерации сигналов с минимальным обучением и адаптацией.

Основные требования к резервуарам являются: нелинейность, зависимость выходного сигнала от истории сигналов на входе, кратковременная память. Далее в работе будет показано, что свойства осциллятора Чжуа соответствуют критериям резервуара.

Осциллятор Чжуа — это нелинейная динамическая система, которая может демонстрировать хаотическое поведение и сложные аттракторы. Уравнения движения осциллятора Чжуа имеют вид [1]:

$$\begin{aligned}x' &= \alpha(y - x^3 - c * x) + \delta \\y' &= x - y + z \\z' &= -\beta y\end{aligned}\tag{1},$$

где x, y, z – переменные состояния, α, β, c – параметры, а δ – это сигнал управления. Осциллятор Чжуа может иметь различные режимы колебаний в зависимости от значений параметров и начальных условий.

Для того, чтобы показать нелинейность резервуара по одному из некоторых параметров, можно построить бифуркационные диаграммы состояния от каждого из параметров. На рисунках 1–2 показана зависимость переменной состояния x (и её среднего значения – на рисунках выделено красным) от значений управляющих параметров δ и α .

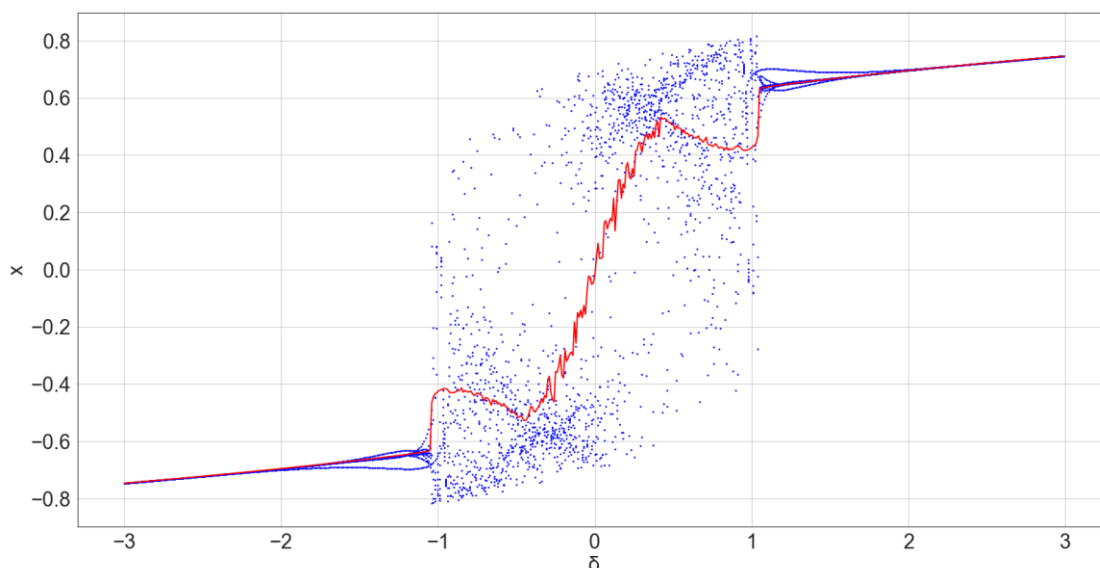


Рисунок 1 – Бифуркационная диаграмма при управлении по δ -параметру

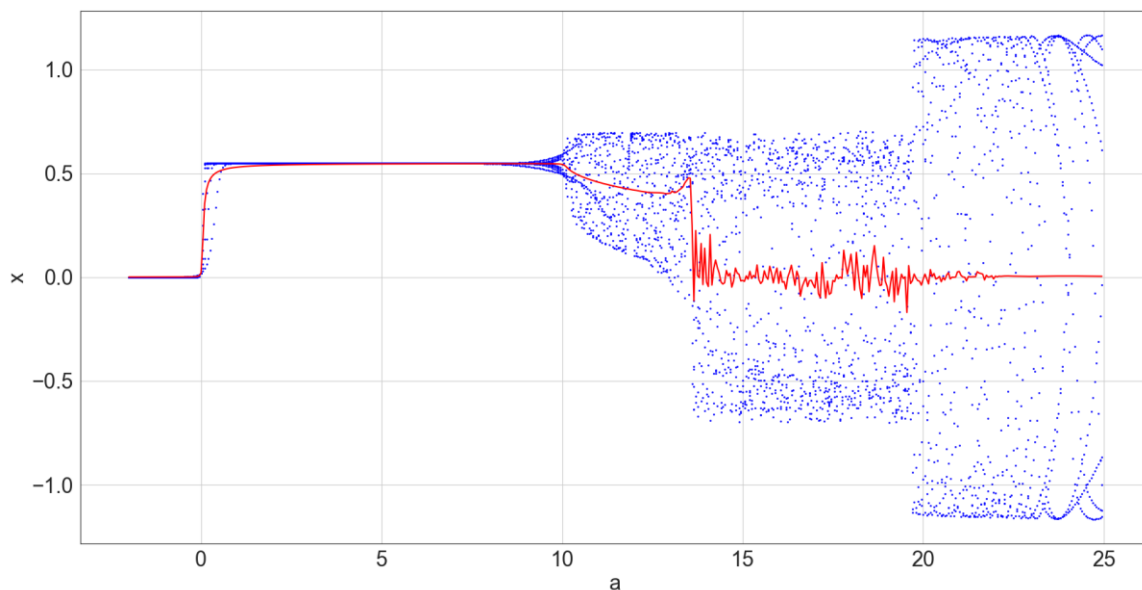


Рисунок 2 - Бифуркационная диаграмма при управлении по α -параметру

Как можно видеть из диаграмм, при переходе системы в хаотичный режим работы видна нелинейная зависимость среднего значения x от значения δ -параметра, в то время как при управлении по α -параметру среднее значение колеблется около нуля без каких-либо видимых закономерностей.

Эффект кратковременной памяти и зависимости выходного сигнала от истории сигналов на входе можно продемонстрировать зависимостью плавающего среднего значения переменной x от различных импульсных сигналов. Для проверки было подано три различных сигнала: без импульса, кратковременный импульс от 20с до 21с, долговременный импульс от 20с до 40с. На рисунке 3 можно видеть, что несмотря на заметные различия значений плавающего среднего в момент подачи импульсных сигналов, начиная с примерно 400с значения становятся малоразличимыми и сходятся к нулю.



Рисунок 3 – Плавающее среднее при различных импульсных сигналах

Таким образом, исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что осциллятор Чжуа может использоваться в качестве резервуара в рамках резервуарного подхода.

Список использованных источников:

1. Крот, А. М. Спектральный анализ хаотических колебаний в имитационной модели схемы Чжуа, разработанной на основе матричной декомпозиции / А. М. Крот, В. А. Сычев // Информатика. – 2019. – Т. 16, № 1. – С. 7–23.