

Вейвлет-преобразования для обработки графиков в системе ИСМА

Ю. В. Шорников, Е. Н. Герасимова
Новосибирский Государственный Технический Университет, Новосибирск, Россия
shornikov@asu.cs.nstu.ru, d.el.phin@mail.ru

Аннотация

Рассматриваются эффективные алгоритмы сжатия графической информации в компоненте GRIN (*Graphic Interpretation*) системы ИСМА [7]. Кратко изложен алгоритм быстрого вейвлет-преобразования. Содержательная графическая визуализация результатов решения позволяет не только исключить рутинную и трудоёмкую процедуру обработки результатов, но и предоставляет вместе с вычислительными процедурами новые методологии исследования сложных систем.

Ключевые слова: вейвлет-преобразование, алгоритм быстрого вейвлет-преобразования, аппроксимация, графическая интерпретация.

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время для обработки функций, сигналов и изображений широко применяются вейвлеты [1,6]. Они перспективны в решении задач интерполяции, аппроксимации, регрессии функций, сигналов и изображений. Вейвлет-преобразование позволяет эффективно решать задачи сжатия и восстановления с малыми потерями информации [2]. Экспериментальные данные, полученные в результате моделирования систем, часто нестационарны по своей природе. В них встречаются нерегулярные всплески высокой частоты, сменяющиеся регулярными структурами. Поэтому для их анализа необходимо применение вейвлетов, обладающих возможностью представления нестационарных сигналов.

Система графической интерпретации результатов машинного анализа сложных систем GRIN позволяет пользователю работать с графическим представлением данных, полученных при численном анализе сложных систем в системе ИСМА [7]. Визуализация результатов моделирования дает наглядное представление о процессе функционирования систем и позволяет лучше понять природу этих процессов.

Система GRIN предоставляет возможность удобно осуществлять различные функции работы с графическим представлением данных:

- отображение графиков линиями различной ширины, типа и цвета;
- фрагментация графического поля;
- текстовое сопровождение графики;
- масштабирование и перемещение изображения;
- сплошное и сеточное фонирование графического поля с произвольным шагом сетки;
- трассировка отдельных графиков и всего графического поля;
- нанесение маркеров;
- экспортировать графику в окнах GRIN и из GRIN в другие приложения;
- сохранение графической интерпретации;
- жесткую копию;
- управление окнами и их количеством;

- конкатенация графиков

и т.д.

Кроме стандартного набора функций по работе с графиками в GRIN 2.0 реализована возможность вейвлет-анализа графиков функций и сжатие графиков с помощью вейвлет-преобразований. Практическая ценность данной работы состоит в том, что GRIN интегрирована в систему ИСМА, удобную для непрофессиональных пользователей, заинтересованных в сжатии информации и анализе графиков без знания вейвлет-преобразований.

2. АЛГОРИТМ БЫСТРОГО ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

В реализуемой системе функция $f(x)$ представлена набором дискретных значений $f_k(x)$, поэтому кратномасштабный анализ приводит к быстрой схеме вычисления вейвлет-коэффициентов заданной функции.

В общем случае, в отличие от [1,2,3,4] получены следующие итерационные формулы быстрого вейвлет-преобразования:

$$a_{j+1,k} = \sum_m h_m a_{j,m-2k},$$

$$d_{j+1,k} = \sum_m g_m a_{j,m-2k},$$

где $a_{j+1,k}$ и $d_{j+1,k}$ – аппроксимирующие и детализирующие коэффициенты соответственно, j – уровни преобразования, h_m и g_m – параметры вейвлета.

Начальные коэффициенты $a_{0,k}$, если известен явный вид функции $f(x)$ можно вычислить, используя формулу:

$$a_{0,k} = \int f(x)\varphi(x-k)dx.$$

Если известны только дискретные значения функции $f(x)$, то в качестве коэффициентов $a_{0,k}$ могут быть использованы сами эти значения.

Процесс вейвлет-преобразования останавливается после конечного числа уровней $j_{\max} = \log_2 N$, где N – число дискретных значений функции $f(x)$.

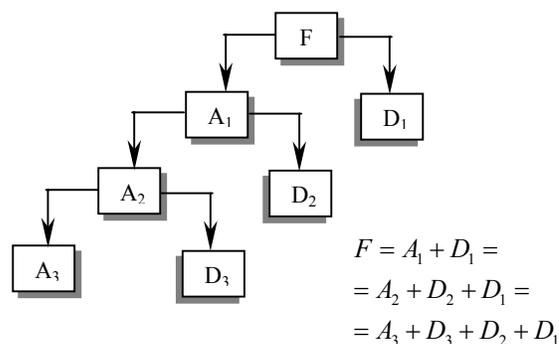


Рис. 1 Структурная схема вейвлет-разложения и вейвлет-восстановления функции (сигнала).

На рисунке 1 представлена диаграмма разложения и восстановления функции (сигнала) [2, 5]. Разложение происходит сверху вниз вплоть до заданного уровня декомпозиции, после чего функция (сигнал) может быть восстановлена с определенной точностью. Нулевой уровень соответствует точному восстановлению.

3. РЕАЛИЗАЦИЯ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В GRIN

В GRIN можно выполнить вейвлет-преобразование для сжатия графика функции с сохранением информативности. Если необходимо очистить полученный сигнал от шума или понять особенности поведения анализ графика на различных уровнях масштабирования. Пользователь выбирает в меню вейвлет, с помощью которого будет выполнено вейвлет-преобразование, а затем в диалоговом окне в счетчике указывает уровень, до которого будет произведено вейвлет-преобразование.

На рисунке 2 представлена структурная модель билиарной системы [8, 9], отредактированная средствами системы ИСМА [7]. На рисунке 3 – графическая интерпретация результатов моделирования данной системы. Исходные графики изображены сплошными линиями, пунктирной линией – аппроксимация. Сжатие выполнено с помощью койфлета 1 порядка, изображена аппроксимация на 5 уровне, количество точек исходного графика – 2401, количество аппроксимирующих коэффициентов – 75. На рисунках 4 и 5 показаны масштабированные фрагменты рисунка 3.

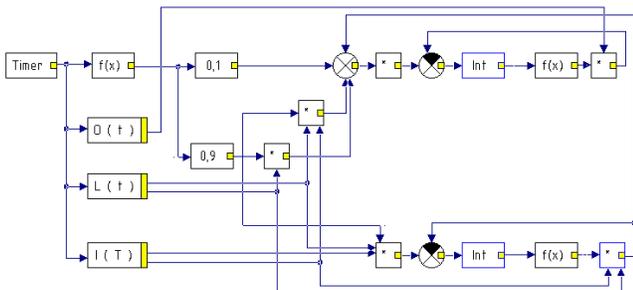


Рис. 2. Структурная модель билиарной системы

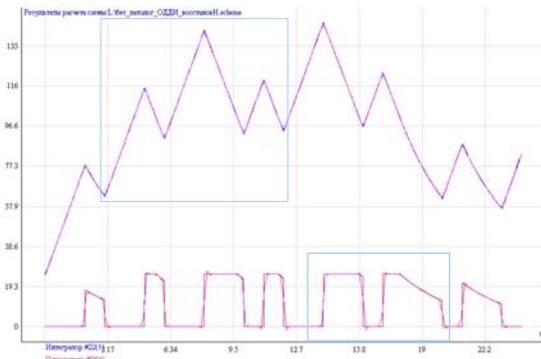


Рис. 3. Графическое представление динамики билиарной системы и его аппроксимация.

На рисунке 6 изображён исходный график функции [8], представленный 14437 точками и его аппроксимация на 5 уровне вейвлет-преобразования (коэффициенты a_5). Количество ап-

проксимирующих коэффициентов – 451. Преобразование выполнено с помощью койфлета 3 порядка. На рисунке 7 - укрупнённое изображение выделенного фрагмента.

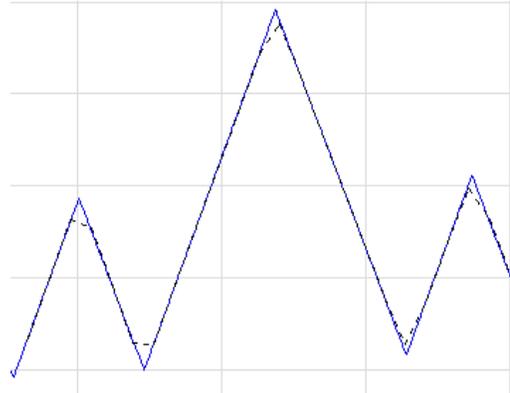


Рис. 4. Выделенный фрагмент рис. 4 в увеличении

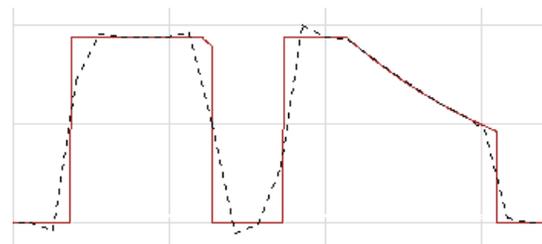


Рис. 5 Выделенный фрагмент рис. 4

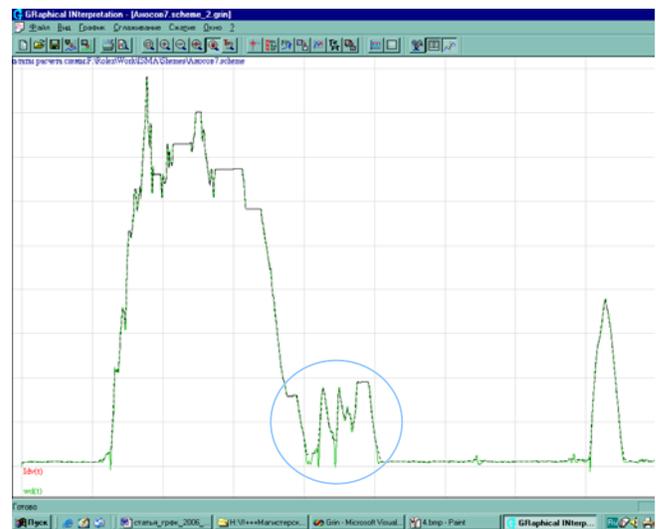


Рис. 6. Исходный график и его аппроксимация

На рисунке 8 представлен график функции с сильными оцилляциями [8] и несколько его аппроксимаций $8(a_1 - a_7)$ на разных уровнях. Вейвлет-преобразование с помощью вейвлета Добеши 4 порядка, количество точек исходной функции – 13041.

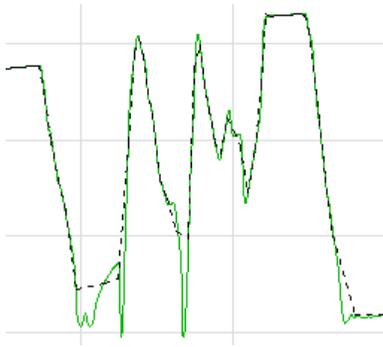


Рис. 7. Выделенный фрагмент графика

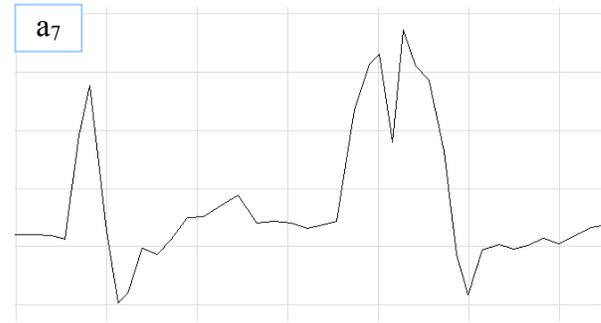
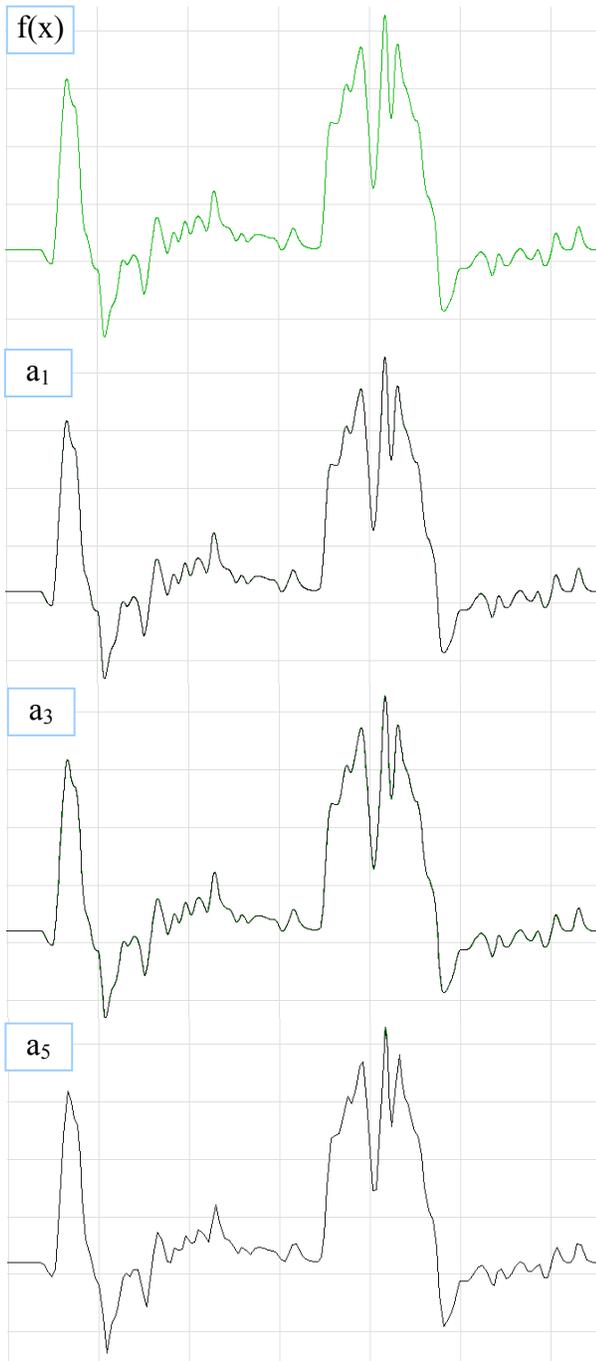


Рис.8. Пример аппроксимации графика функции с сильными осцилляциями



Библиография

- [1] Чуи К. Введение в вейвлеты. – М.: Мир, 2001. – 412 с.
- [2] Дьяконов В. П. Вейвлеты. От теории к практике. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 400 с.
- [3] Воробьев В.И., Грибунин В.Г. Теория и практика вейвлет-преобразования.– СПб.: Изд-во ВУС, 1999.–204с.
- [4] Дрёмин И. М., Иванов О. В., Нечитайло В. А. Вейвлеты и их использование // Успехи физических наук. М., 2001. Т.171, №5. С. 465-501.
- [5] Яковлев А. Н. Введение в вейвлет-преобразования: Учеб. пособие. Н-ск: Изд-во НГТУ, 2003. – 104 с.
- [6] Добеши И. Десять лекций по вейвлетам, Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001.– 464 с.
- [7] Шорников Ю.В. и др. Инструментальные средства машинного анализа. Свидетельство официальной регистрации программы для ЭВМ № 2005610126. – М: Роспатент, 2005.
- [8] Anosov V.N., Kaveshnirov V.M., Shornikov Yu.V. Elaboration of External Influences Block for Comparative Estimation of Autonomous Traction Electrodrives // Proceedings of the 9th Russian – Korean International Symposium on Science and Technology, Vol.1. – Novosibirsk, Russia: NSTU, 2005. – pp. 307-309.
- [9] Шорников Ю.В. Компьютерное моделирование билиарной системы специализированными средствами / Научный вестник НГТУ - 2004.- №3(18), С.31-42.

Об авторах

Шорников Юрий Владимирович – к. т. н., доцент кафедры АСУ Новосибирского Государственного Технического Университета.

Адрес: Новосибирск, 630078, ул. Котовского, 1, кв. 80

Телефон: 346-11-00, 351-16-88.

E-mail: shornikov@asu.cs.nstu.ru

Герасимова Елена Николаевна – магистрант кафедры АСУ Новосибирского Государственного Технического Университета.

Адрес: Новосибирск, 630092, ул. Космическая, 21/1, к. 801.

Телефон: 8-913-942-76-64.

E-mail: d.el.phin@mail.ru

Wavelet-transform for graphics processing in ISMA system

Abstract

Effective algorithms of compression of graphic information in component GRIN (*GR*aphic *IN*terpretation) of ISMA [7] are examined. Algorithm of fast wavelet-transform is briefly stated. Substantial graphic visualization of results of the decision allows not only excluding routine and labour-consuming procedure of processing of results, but also gives new methodology of researching into complex systems together with computing procedures.

Keywords: *wavelet-transform, multiresolution analysis, algorithm of fast wavelet-transform, approximation.*

About the author(s)

Shornikov Yury is an associate professor of Novosibirsk State Technical University. His email is shornikov@asu.cs.nstu.ru.
Gerasimova Elena is a magistant of Novosibirsk State Technical University. Her email is d.el.phin@mail.ru.