

# СЖАТИЕ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Каледин А. А.

Кафедра вычислительной техники, Пензенский государственный университет  
Пенза, Российская Федерация  
E-mail: kaledin.alexey@ Rambler.ru

*Рассматривается способ сжатия радиолокационных данных, зарегистрированных при лётных испытаниях контрольно-записывающей аппаратуры, с использованием вейвлет-преобразования, позволяющий существенно увеличить количество информации получаемое за каждый полёт. Осуществляется сжатие с потерями и запись информации для восстановления с определённой точностью. Представленный метод возможно реализовать аппаратно для получения максимального быстродействия. Рассмотрены два варианта сжатия с использованием одномерного и двумерного вейвлет-преобразования.*

## ВВЕДЕНИЕ

Сжатие радиолокационных данных становится особенно важным при применении бортовых систем, поскольку ресурсы этих систем очень ограничены. Во время работы радиолокационная станция регистрирует огромное количество информации, которую нужно сохранить. От количества получаемых данных зависит число лётных испытаний. Используя сжатие есть возможность при небольших затратах увеличить количество записываемой информации. Таким образом может быть повышена эффективность каждого полёта, и соответственно снижено их количество.[1–2]

### I. СПОСОБ СЖАТИЯ

Для сжатия радиолокационных данных был выбран метод вейвлетного сжатия, который в данном случае состоит в следующем: осуществляется вейвлет-преобразование исходного массива, округление коэффициентов и сжатие разницы между исходным и восстановленным массивом при помощи алгоритма арифметического сжатия. Разница представляет собой большой массив, состоящий из нулей и единиц.

Вейвлетное преобразование сигналов является обобщением спектрального анализа. Вейвлеты – это обобщенное название семейств математических функций определенной формы, которые локальны во времени и по частоте, и в которых все функции получаются из одной базовой (порождающей) посредством ее сдвигов и растяжений по оси времени. Вейвлет-преобразования рассматривают анализируемые временные функции в терминах колебаний, локализованных по времени и частоте.[3]

Арифметическое сжатие выбрано по той причине, что оно обеспечивает наибольшую эффективность сжатия. Этот метод применим по той причине, что исходные значения представляют собой целые числа. Вейвлет-преобразование было выбрано из-за особенностей исходных данных, так как сигнал напоминает масштабирован-

ный фрагмент гармоники. По этой причине был выбран вейвлет Добеши десятого порядка.[4] В том случае, когда выраженной гармоники нет, всё равно есть заметная избыточность исходных данных. Избыточность – главное условие для сжатия данных.[5]

Из-за округления возникают искажения при восстановлении данных, поэтому необходимо сохранять дополнительную информацию для дальнейшего восстановления. Если не округлять коэффициенты, то восстановление происходит с достаточной точностью, чтобы при округлении результирующий массив не отличался от исходного массива целых чисел. Такого же результата можно достигнуть и при сохранении нескольких знаков после запятой для каждого коэффициента, но, как оказалось, сжатая разница выгоднее в плане занимаемого места.

Одна из главных идей вейвлетного представления сигналов на различных уровнях декомпозиции (разложения) заключается в разделении функций приближения к сигналу на две группы: аппроксимирующую – грубую, с достаточно медленной временной динамикой изменений, и детализирующую – с локальной и быстрой динамикой изменений на фоне плавной динамики, с последующим их дроблением и детализацией на других уровнях декомпозиции сигналов. Это возможно как во временной, так и в частотной областях представления сигналов вейвлетами. [6]

### II. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

В качестве исходных данных был использован фрагмент реальных полётных данных. Информация в нём представлена в виде кадров из 59–61 строки дальности по 162 отсчёта. Каждый отсчёт содержит синусную и косинусную квадратурную составляющую сигнала. Использование подходящей вейвлет функции позволяет получить масштабирующие коэффициенты, которые будут занимать меньше места, чем исходный файл. При необходимости получить исходные данные, их можно восстановить. Зная вей-

влет функцию и коэффициенты можно произвести обратное преобразование.

Также в пользу вейвлет-преобразований говорит тот факт, что их можно использовать там, где сигнал представляет собой не периодический бесконечный сигнал, а типичный разовый фрагмент, без необходимости дополнительных вычислений типа оконных преобразований Фурье. [7]

### III. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СЖАТИЯ

Для оценки эффективности сжатия производилось вычисление коэффициента сжатия:

$$k = \frac{S_{source}}{S_{compressed}}, \quad (1)$$

где  $S_{source}$  – размер исходного файла,  $S_{compressed}$  – размер сжатого файла, а  $k$  – коэффициент сжатия. Были опробованы методы с применением одномерного и двумерного вейвлет-сжатия.

### IV. ПРИМЕНЕНИЕ ВЕЙВЛЕТ-СЖАТИЯ (ОДНОМЕРНОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ)

В первом случае рассматривался массив целых чисел, который состоит из последовательно записанных строк дальности. Совершалось вейвлет-преобразование этого массива, что приводило к образованию двух новых массивов: массива коэффициентов аппроксимации и массива коэффициентов детализации. Эти коэффициенты округлялись и сигнал восстанавливался. К разнице между исходным и восстановленным сигналом применялось арифметическое сжатие. При этом коэффициент сжатия составлял от 1,74 до 2,43.

### V. ПРИМЕНЕНИЕ ВЕЙВЛЕТ-СЖАТИЯ (ДУМЕРНОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ)

Во втором случае составлялась квадратная матрица, дополненная нулями. Из исходных данных составлялась матрица 162 на 122 и дополнялась до квадратной нулями, так как двумерное вейвлет-преобразование должно совершаться над квадратной матрицей. После преобразования были получены четыре матрицы 90 на 90: матрица коэффициентов аппроксимации, матрица коэффициентов детализации горизонтального разложения, матрица коэффициентов детализации вертикального разложения, матрица коэффициентов детализации диагонального разложения. [8–9]

В этом случае результирующий коэффициент сжатия составлял от 1,5 до 1,7. Результат получился хуже из-за того, что приходилось сохранять большее количество значений. Если не применять дополнительно никакого сжатия к коэффициентам или не ввести допустимые погрешности, вариант с двумерным преобразованием получается менее выгодным. Хотя даже в таком виде сжатие получается заметным. В обоих случаях применялся один и тот же вейвлет, так как использовались одинаковые исходные данные. Все вычисления производились в среде математического пакета MathWorks Matlab.

### VI. РЕЗУЛЬТАТЫ

Как можно заметить результаты сжатия показывают перспективность его использования. Предложенный метод показывает значительную эффективность сжатия данных, при этом быстро работает и может быть легко реализован как аппаратно, так и программно. Благодаря этим характеристикам его можно признать удачным вариантом для бортовых РЛС. Тем не менее следует произвести дополнительные проверки на большей выборке реальных полётных данных.

### VII. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каледин А. А. Подготовка данных для тестирования радиолокационной аппаратуры // X Международная научно-техническая конференция «НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ»: Тезисы – Пенза, 2012.
2. Доманин К. И., Устинов В. И. Комплексная имитация цифровых данных радиолокационного и навигационного оборудования для АРМ РЛС // V научно-техническая конференция "Проблемы развития боеприпасов, средств поражения и систем управления": Тезисы – Пенза, 2006.
3. Давыдов А. В. «Сигналы и линейные системы»
4. Добеши И. «Десять лекций по вейвлетам» // Ижевск: РХД, 2001. – 464 с.
5. Истомина Т. В., Истомин В. В., «Систематизация методов сжатия информации» // 8-я Международная конференция – выставка «Цифровая обработка сигналов и ее применение», Москва, 2006.
6. Давыдов А. «Вейвлетные преобразования сигналов» // <http://prodav.exponenta.ru/wavelet/>
7. Уэлстид С. «Фракталы и вейвлеты для сжатия изображений в действии» // Москва: Триумф, 2003.
8. Штарк Г.-Г. «Применение вейвлетов для ЦОС» – Москва: Техносфера, 2007.
9. Смоленцев Н.К. «Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB» – Москва: ДМК Пресс, 2008 – 448 с.