

УДК 621.396:004.43
МРНТИ 49.31.01

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2021.1-42>

Т.Д. Иманбекова¹, А. Жаксылык², И.А. Козлов³

^{1,3}Международный университет информационных технологий,
г. Алматы, Республика Казахстан

²КАИС-Л при КазГАСА, г. Алматы, Республика Казахстан

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕЙВЛЕТ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ СЖАТИЯ ИНФОРМАЦИИ

Аннотация. В данной работе рассматривается применение вейвлет преобразования для сжатия информации, анализ средств дискретного вейвлет преобразования с помощью программных средств. Рассмотрены алгоритмы сжатия аудиосигнала и сжатия изображений с помощью вейвлетов.

Ключевые слова: цифровая обработка сигналов, информация, сжатие, коэффициент сжатия, вейвлеты, вейвлет преобразование.

Введение

Современное развитие инфотелекоммуникационных технологий во многом зависит от достижений цифровой обработки сигналов, позволяющей решать задачи формирования, приема, передачи и обработки информации. Одной из задач цифровой обработки сигналов при их передаче по каналам связи является сжатие и восстановление передаваемой информации с малыми искажениями. В связи с этим в последнее время стали актуальными вопросы разработки алгоритмов сжатия информации в цифровых системах связи.

Сжатие информации способствует экономии ресурсов памяти для хранения больших массивов информации, сокращению трафика в системах передачи информации по каналам связи. Методы сжатия сокращают объем пространства для хранения файлов, время передачи по каналу установленной ширины пропускания.

Материалы и методы исследования

Существуют различные алгоритмы и методы сжатия информации [1,2]. Методы сжатия информации без потерь обеспечивают полностью безошибочную декомпрессию исходного сигнала.

Методы сжатия с потерями имеют неточности в декомпрессированном сигнале. За счет потери части информации, которая считается наименее важной, достигается большой коэффициент сжатия. Методы сжатия с потерями имеют более высокую степень сжатия, по сравнению с методами сжатия без потерь.

Основная характеристика алгоритма сжатия определяется коэффициентом сжатия и выражается как отношение размера несжатых данных к сжатым:

$$k = \frac{S_0}{S_C},$$

k - коэффициент сжатия;

S_0 - размер несжатых данных;

S_c - размер сжатых данных.

Чем выше коэффициент сжатия, тем лучше алгоритм сжатия.

В последнее время для решения задач сжатия информации применяются методы и алгоритмы, связанные с применением вейвлет преобразования. Классическими методами сжатия данных является алгоритм Хаара, Хоффмана, Добеши. Достичь более значительные результаты в сжатии дает метод «Арифметическое кодирование».

Анализ современных средств дискретного вейвлет преобразования позволяет выделить две группы: программные и программно-аппаратные средства дискретного вейвлет преобразования.

В данной работе рассмотрены программные средства реализации дискретного вейвлет преобразования в среде MATLAB.

В общем виде, процедуру разработки программного приложения, использующего дискретное вейвлет преобразование, можно разбить на следующие этапы:

1. Первоначальный сбор данных и получение информации о характере анализируемых сигналов с точки зрения поставленной задачи;

2. Анализ данных с использованием библиотек дискретного вейвлет преобразования в какой-либо системе компьютерной математики, выбор типа (или типов) вейвлета и глубины разложения;

3. Выбор анализируемых уровней разложения и алгоритма обработки коэффициентов;

4. Реализация алгоритмов дискретного вейвлет преобразования на программном уровне с использованием особенностей языков программирования.

В ходе исследования алгоритмов сжатия был введен один общий концепт работы всех алгоритмов обработки и сжатия информации, но специально для вейвлет преобразования был введен видоизмененный алгоритм сжатия:

1. загрузка файла;

2. выбор начальных значений;

3. анализ файла;

4. сжатие сигнала;

5. сглаживание неровностей;

6. сохранение файла.

На первом этапе производится загрузка файла, который необходимо сжать для дальнейшего хранения. На втором этапе выбирается глубина уровня разложения и вид вейвлета, с помощью которого будет происходить вейвлет декомпозиция. На третьем этапе производится вейвлет разложение файла по составным частям для анализа и для дальнейшего сжатия сигнала. Далее производится сжатие сигнала для уменьшения его объема и сглаживание резких участков после сжатия сигнала. В конце необходимо сохранить сжатый файл.

Реализация программы сжатия аудиосигнала с применением вейвлет преобразования:

```
% загрузка сигнала
[y,fs] = audioread('test.ogg');
x = y;
% Вейвлет разложение сигнала
n = 3;
w = 'sym8';
[c,1] = wavedec(y,n,w);
% Сжатие сигнала
thr = 10;
keepapp = 1;
[xd, cxd, lxd, perf0, perf12] = wdencomp ('gb1',c,1,w,n,thr,'h',keepapp);
Figure;
set(gcf, 'color', 'white');
subplot(2,1,1);
plot(y); hold on;
subplot(2,1,2);
plot(xd);
%audiowrite('handleNOcmp.ogg', y, fs);
audioinfo('test.ogg')
audiowrite('testcmp.ogg', xd, fs);
audioinfo('testcmp.ogg')
```

Результаты исследования

Программа имеет возможность раскладывать аудиосигнал по составляющим и работает с различными видами вейвлетов. После разложения по составляющим осуществляется сглаживание лишних деталей в аудиосигнале, за счет чего теряется ненужная информация. При этом сжатый файл без существенных потерь качества. Результаты сжатия аудиофайла размером 427 892 байт различными вейвлетами при разных уровнях разложения показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты сжатия тестового аудиофайла

Название вейвлета	Размер при n = 2, байт	Размер при n = 3, байт	Коэффициент сжатия при n=2	Коэффициент сжатия при n=3
Haar	262 911	263 124	1.63	1.62
DB4	210 109	176 624	2.03	2.43
DB20	144 564	87 237	2.94	4.92
Sym8	181 656	135 779	2.35	3.15
Dmey	135 778	77 028	3.15	5.56
Coif5	169 668	116 654	2.52	3.66
Fk22	187 853	135 249	2.28	3.17

Примеры сжатия исходного аудиосигнала сигнала при различных уровнях разложения n приведены на рисунках 1-5.

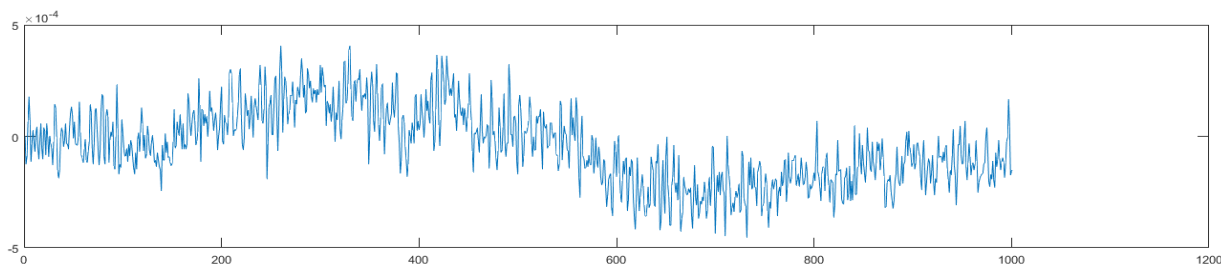


Рис. 1 – Исходный сигнал

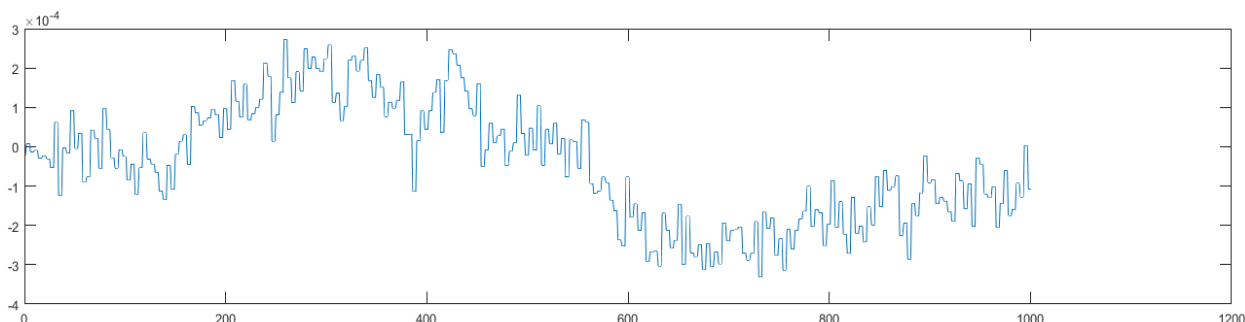


Рис. 2 – Сжатие при $n = 2, \alpha = 5$, анализирующая функция вейвлет Хаара

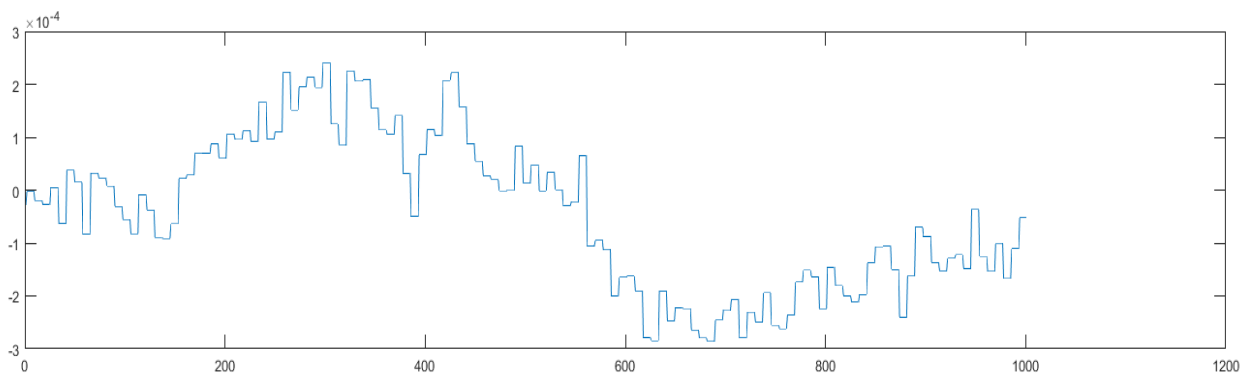


Рис. 3 – Сжатие при $n = 3, \alpha = 5$, анализирующая функция вейвлет Хаара

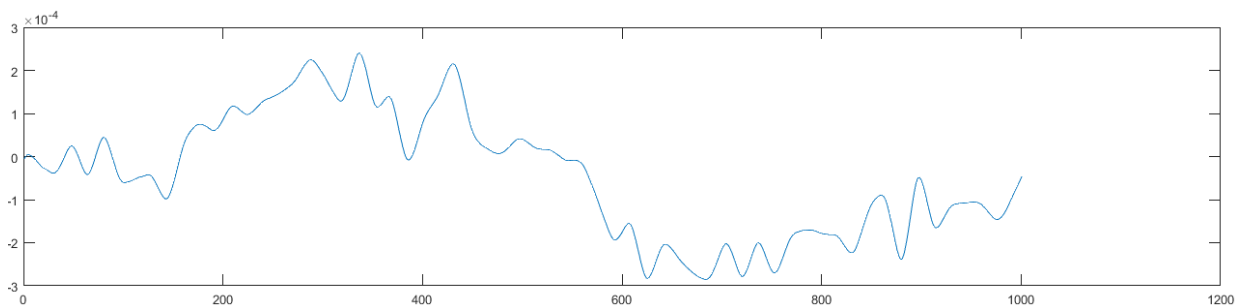


Рис. 4 – Сжатие при $n = 4, \alpha = 5$, анализирующая функция вейвлета Sym 8

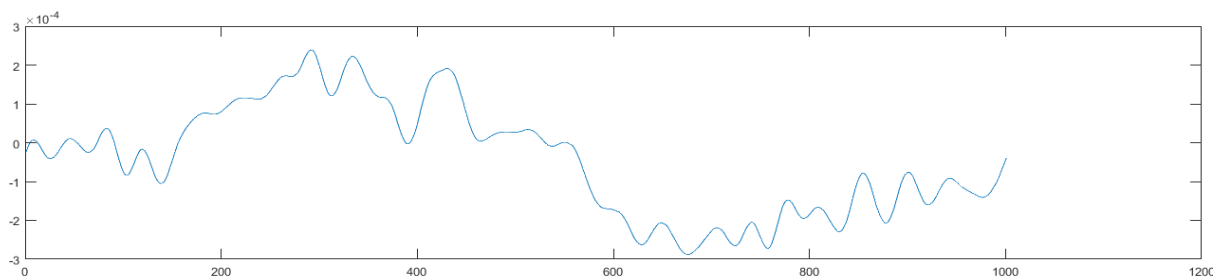


Рис. 5 – Сжатие при $n = 4, \alpha = 5$, анализирующая функция вейвлет fk 22

Чем больше становится уровень разложения, тем больше сжимается аудио-сигнал.

Реализация в системе MATLAB сжатия изображения (2D сигнал) с размером файла 686732 байт:

```
clear;
close all;
clc;
% Загрузка файла
file = 'mount.jpg';
X = imread(file);
% n: уровень сжатия, wname: имя вейвлета
n = 6;
wname = 'haar';
x = double(X);
%Вейвлет-разложение изображения
[c,s] = wavedec2(x,n,wname);
%Алгоритм выбора коэффициента шумоподавления
alpha = 1.1;
m = 10*prod(s(1,:));
[thr, nkeep] = wdcbm2(c,s,alpha,m);
%Сжатие изображения
[xd,cxd,sxd,perf0,perf12] = wdencomp('lvd',c,s,wname,n,thr,'s');
Disp ('Соотношение сжатия');
disp (perf0);
xc = uint8(xd);
%Восстановление сигнала
R = waverec2 (c,s,wname);
rc = uint8 (R);
x = uint8 (x);
%Построение изображений
figure;
subplot (221), imshow (x);
title ('Исходное изображение')
```

```
subplot (222), imshow(xс);
title ('Сжатое изображение')
subplot (223), imhist(x);
title ('Гистограмма исходного файла')
subplot (224), imhist(xс);
title ('Гистограмма сжатого файла')
```

Программа имеет возможность раскладывать изображение по составляющим и работает с большим количеством вейвлетов. После разложения по составляющим программа сглаживает лишние детали, за счет чего теряется ненужная информация и мы имеем на выходе в 2.5 раза сжатый файл. Результаты сжатия изображения представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты сжатия 2D изображения с различными параметрами уровня разложения

Имя вейвлета	Размер файла при n = 2, байт	Размер файла при n = 3, байт	Размер файла при n = 4, байт	Размер файла при n = 5, байт
Haar	321739	277726	206405	179253
Db4	313929	280484	258686	244978
Db20	315488	281613	259534	246237
Db40	319145	283429	260340	248120
Fk4	324840	302233	289699	262432
Fk22	318657	282986	261870	248844
Bior1.1	301907	253795	206405	179253
Bior6.8	319651	279053	256525	242259
Rbio1.1	301907	253795	206405	179253
Rbio6.8	319651	279053	256525	242259
Sym8	324840	302233	289699	262432
Coif1	310995	280177	265217	256053

В ходе сжатия информации с применением вейвлет преобразования были получены оптимальные параметры вейлет преобразования, при которых можно добиться либо наилучших результатов сжатия, либо наименьших потерь с достаточно неплохим сжатием.

Литература:

1. Тропченко А.Ю., Тропченко А.А. Методы сжатия изображений, аудиосигнала и видео: учеб. пособие – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 108 с.
2. Егорова Е.В., Аксяитов М.Х., Рыбаков А.Н. Методы повышения эффективности вейвлет-преобразований при обработке, сжатии и восстановлении радиотехнических сигналов: монография. – Тамбов: Юком, 2019. – 84 с.
3. Уэлстид С. Фракталы и вейвлеты для сжатия изображений в действии: учеб. пособие/ С. Уэлстид. – М.: Издательство «Триумф», 2003. – 320 с.

References:

1. Tropchenko A.Yu., Tropchenko A.A. *Methods of image compression, audio signal and video: textbook. Manual.* – St. Petersburg: St. Petersburg State University ITMO, 2009. – 108 p. [in Russian].
2. Egorova E.V., Aksyaitov M.Kh., Rybakov A.N. *Methods for improving the efficiency of wavelet transformations in the processing, compression and restoration of radio signals: monograph.* – Tambov: Ucom, 2019. – 84 p. [in Russian].
3. Welsteed S. *Fractals and wavelets for image compression in action: textbook. manual / S. Welsteed.* – M.: «Triumph» Publishing House, 2003. – 320 p. [in Russian].

Т.Д. Иманбекова¹, А. Жақсылық², И.А. Козлов³

^{1,3} Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті,
Алматы қ., Қазақстан Республикасы

²ҚазБСҚА жанындағы КАИС - Л, Алматы қ., Қазақстан Республикасы

АҚПАРАТТЫ ҚЫСУ ҮШІН ВЕЙВЛЕТ ТҮРЛЕНДІРУДІ ҚОЛДАНУ

Андатпа. Бұл жұмыста ақпаратты қысымдау үшін вейвлет түрлендіруді және де бағдарламалық жасақтаманы қолдана отырып, дискретті вейлетт түрлендіру құралдарын талдау туралы қарастырылады. Дыбыстық сигналды сығымдау және толқындарды қолдана отырып суреттерді сығу алгоритмдері қарастырылған.

Түйін сөздер: сигналдарды сандық түрде өңдеу, ақпарат, қысымдау, қысымдау коэффициенті, толқындар, вейвлет түрлендіру.

T.D. Imanbekova¹, A. Zhaksylyk², I.A. Kozlov³

^{1,3} International University of Information Technologies,
Almaty, Republic of Kazakhstan

²KACE-L at KazGASA, Almaty, Republic of Kazakhstan

APPLYING WAVELET TRANSFORM TO INFORMATION COMPRESSION

Annotation. This paper discusses the application of wavelet transform for information compression, analysis of discrete wavelet transform tools using software. Algorithms for audio signal compression and image compression using wavelets are considered.

Keywords: digital signal processing, information, compression, compression ratio, wavelets, wavelet transform.